PROPAGANDA D'ISTRUZIONE

N. 5

BIBLIOTECA DEL POPOLO

CENTESIMI 80 IL VOLUME

Volume doppio — Lire 1,60

Ing. DINO ADANTI

LA RADIO ELEMENTARE

I FENOMENI FONDAMENTALI DELLE RICEZIONI RADIOFONICHE SPIEGATI SENZA ALCUN RICHIAMO ALLE TEORIE FISICO-MATEMATICHE

CON 75 ILLUSTRAZIONI

Nuova Edizione con un'Appendice di G. G. CACCIA

Roberto Pucci

Ogni volumetto consta di 64 pagine di fitta composizione e contiene un completo trattatello elementare di scienza pratica, di cognizioni utili ed indispensabili, dettato in forma popolare, succinta, chiara, alla portata di ogni intelligenza.

CASA EDITRICE SONZOGNO
della Società Anonima ALBERTO MATARELLI
Via Pasquirolo, 14 - MILANO

BATTAGLINI

VOLUME 464 465

ENCICLOPEDIA MODERNA ITALIANA

È l'Enciclopedia europea più ricca di voci e, senza confronti, la più moderna e aggiornata essa condensa praticamente una intera grande biblioteca in soli

due volumi con quattromila e sessantaquattro pagine, cinquemila illustraz. e circa quattrocentomila voci svolte

2ª Edizione riveduta e aggiornata

Un'opera senza precedenti, indispensabile in ogni famiglia

Le voci attinenti alla religione (domma, morale, storia ecclesiastica, diritto canonico, sacra scrittura) furono rivedute da un sacerdote autorizzato.

Nessun'altra opera del genere ha ancora raggiunto, per modicità di prezzo, per perfezione e per la sua grande utilità, l'« Enciclopedia Moderna Italiana ».

Prezzo dell'opera completa, in due volumi, rilegata in tela (con dono del mobile) . . . . . **L. 325**

I due volumi si vendono anche separatamente e costano ciascuno . . . . . **L. 165**

L'opera rilegata in 3 volumi (con dono del mobile) **L. 350**

Prezzo di ciascuno dei tre volumi comprato separatamente . . . . . **L. 120**

Prezzi netti comprensivi della tassa entrata.

La Casa Editrice Sonzogno, per rendere possibile l'acquisto della **ENCICLOPEDIA MODERNA ITALIANA** anche alle famiglie più modeste, dispone sempre di tutte le 254 dispense sciolte, che compongono l'opera, e che costano ciascuna LIRE **1,20**

Inviare direttamente l'importo alla

CASA EDITRICE SONZOGNO - MILANO

Via Pasquirolo, 14

BIBLIOTECA DEL POPOLO
Volume doppio L. 1,60

ING. DINO ADANTI

LA RADIO ELEMENTARE

I FENOMENI FONDAMENTALI DELLE RICEZIONI RADIOFONICHE SPIEGATI SENZA ALCUN RICHIAMO ALLE TEORIE FISICO-MATEMATICHE

CON 75 ILLUSTRAZIONI

Roberto Capucci

CASA EDITRICE SONZOGNO / MILANO
DELLA SOCIETÀ ANONIMA ALBERTO MATARELLI
Via Pasquirolo, 14
Stampato in Italia.

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

Edizione precedente 1938-XVI

Ristampa stereotipa finita il 15 febbraio 1941-XIX

Stab. Grafico Matarelli della Soc. Anon. ALBERTO MATARELLI
Milano - Via Passarella N. 15 - *Stampato in Italia.* a-41-o

INTRODUZIONE

In materia di radiofonia ci troviamo di fronte a un caso che può sembrare strano. Mentre si può dire che è ben difficile trovare oggi una persona che non abbia mai avuto occasione di ascoltare una trasmissione radiofonica, troppo pochi, in confronto, sono quelli che ne capiscono qualche cosa, per lo meno quel tanto e quanto sufficiente per avere una idea chiara, non dei dettagli, ma dei principî fondamentali.

Questa ignoranza quasi completa di una scienza, che per talune sue applicazioni è destinata a diventar popolare e che costituisce un fattore non trascurabile della vita moderna, è dovuta al fatto che lo studio di questa disciplina presuppone conoscenze di elettricità e studi di matematiche che richiedono una preparazione speciale da pochi posseduta. D'altra parte anche coloro che hanno basi sufficienti di studio trovano l'argomento ostico in quanto il libro scientifico che procede unicamente sulla base di sviluppo di formule non offre quella visione geometrica dei fenomeni che parla allo spirito e invita al ragionamento e alla comprensione.

Non mancano, è vero, libri di divulgazione, ma, per la più parte, essi offrono delle lacune deplorevoli, mentre altri per semplificare espongono in maniera falsa i fenomeni, oppure poggiano le loro spiegazioni sull'esposizione arida delle leggi generali dell'elettricità.

Sembrerebbe dunque impossibile, senza una solida preparazione speciale, avvicinarsi solamente alla comprensione dei fenomeni della radio, scienza che è frà le più belle e le più interessanti. Ebbene, lo scopo di questa pic-

cola pubblicazione è appunto quello di condurre col minimo sforzo il lettore, sprovvisto di un qualsiasi bagaglio scientifico, ad arrivare a possedere una giusta sebbene elementarissima conoscenza della teoria della radio.

Le spiegazioni vengono fornite senza l'ausilio delle matematiche, coll'aiuto invece di analogie scelte con criterio e di deduzioni razionali in modo che ogni persona, capace di pensare logicamente, sia in grado di comprendere senza troppa difficoltà.

La teoria elettronica conforme alle moderne concezioni scientifiche, e in sostanza molto semplice, è venuta in nostro aiuto e ci ha permesso, evitando ragionamenti astrusi e complicati, di fornire una chiara idea sull'essenza stessa della corrente elettrica e sulle sue principali proprietà.

L'ordine di esposizione è quello dettato da necessità pedagogiche, quindi può sembrare a prima vista illogico; comunque ciò è stato fatto per facilitare il compito e lo scopo finale, cioè spiegare chiaramente per farsi comprendere facilmente.

Con tutto questo però non vi è la pretesa di aver spianata completamente la strada al lettore e che questi possa percorrerla senza sforzo alcuno, ma la fatica richiesta è contenuta nei limiti delle possibilità messe a disposizione di tutti in quanto non richiede una speciale preparazione scientifica.

D'altra parte questo lavoro non è fine a se stesso e ci auguriamo che per molti fra i lettori lo studio di questo volumetto sia di incitamento, una volta superate le prime difficoltà, ad approfondire le conoscenze collo studio di libri gradualmente più scientifici e completi.

E se troveremo buona accoglienza, forse noi stessi ci procureremo il piacere di fare un po' di guida al lettore volonteroso che desidera proseguire il cammino verso più alte mete.

LA RADIO ELEMENTARE

I.

LA TEORIA ELETTRONICA.

Un impianto radio può essere definito come quello che permette a due o più stazioni di comunicare fra loro senza essere collegate per mezzo di un filo conduttore, come si pratica comunemente col telegrafo o telefono ordinario. Come ciò avvenga si può, nelle grandi linee, spiegare così:

In un punto qualunque della terra noi abbiamo un filo metallico, che si chiama antenna, nel quale speciali apparecchi producono una corrente alternata ad alta frequenza. Questa corrente provoca nell'etere circostante delle vibrazioni che si propagano in ogni direzione sotto forma di onde elettromagnetiche. In un altro punto abbiamo un'antenna ricevente, la quale, investita da queste onde elettromagnetiche, diventa, a sua volta, sede di correnti ad alta frequenza la cui esistenza può essere rivelata da speciali apparecchi.

Questa spiegazione benchè semplice riesce incomprensibile se non sappiamo prima di tutto che cos'è la corrente e con ciò intendiamo naturalmente la corrente elettrica.

La corrente elettrica viene definita come un trasporto, un movimento di elettricità, per cui vediamo di comprendere che cos'è l'elettricità.

Atomi ed elettroni.

La materia, cioè ogni sostanza solida, liquida o gassosa, è costituita dall'agglomeramento di particelle in-

finitamente piccole (considerate per lungo tempo come indivisibili o, per meglio dire, come l'ultimo frazionamento possibile della materia) chiamate *atomi*, le cui dimensioni e gli spazi che le separano sono talmente piccoli, che noi non possiamo apprezzarli non solamente coi nostri sensi ma anche coi microscopî più potenti. Così, per esempio, in un grammo d'idrogeno vi sono 606 mila miliardi di miliardi di atomi.

Si ritiene oggi che gli atomi debbano considerarsi, a loro volta, come l'unione di particelle ancora più piccole, che sono state chiamate elettroni e protoni, disposte in guisa da formare una specie di microscopico sistema planetario. Al centro, in luogo del sole abbiamo un gruppo di protoni ed elettroni. Intorno a questo gruppo, che forma il nucleo principale dell'atomo, altri elettroni girano secondo orbite e distanze diverse. Questi elettroni sono chiamati liberi in confronto dei primi. Generalmente si ritiene che il numero degli elettroni sia uguale a quello dei protoni.

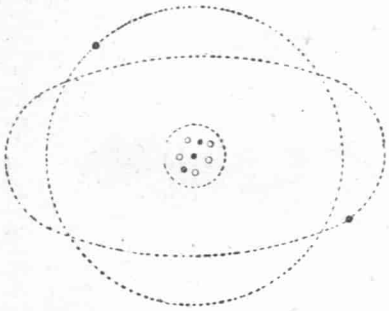


Fig. 1. - Rappresentazione figurativa di un atomo. — Un gruppo di protoni ed elettroni al centro costituiscono il nucleo dell'atomo, intorno al quale altri elettroni girano con orbite e a distanze diverse. — I protoni sono rappresentati con cerchi, gli elettroni con punti.

In un atomo d'idrogeno non vi è che un protone intorno al quale gira un solo elettrone. L'elio contiene invece 2 elettroni, l'ossigeno ne conta 8, il vanadio 23 e 30 ne conta lo zinco, ma gli atomi degli altri corpi sono più complicati e contengono talvolta qualche centinaio di protoni ed elettroni. Il numero di elettroni dell'uni-

verso è costante e invariabile, ed essi non possono essere creati nè distrutti, ma possono però essere messi in moto.

Gli elettroni sono particelle di elettricità negativa estremamente tenui, leggere (un milione di miliardi di miliardi di elettroni pesano meno di un millesimo di grammo) e quasi totalmente sprovviste d'inerzia.

I protoni invece rappresentano l'elettricità positiva (sostanza misteriosa confusa in certo modo colla mate-

Fig. 2. - Rappresentazione figurativa di un atomo positivo; (manca un elettrone).

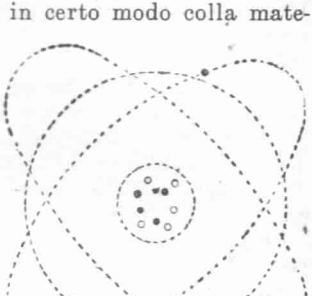


Fig. 3. - Rappresentazione figurativa di un atomo negativo: (vi sono due elettroni in più).

ria stessa dell'atomo) e sono parecchie migliaia di volte più pesanti degli elettroni.

Gli elettroni si respingono fra loro ma sono attirati dai protoni, i quali pure si respingono fra loro.

Quando in un atomo i protoni e gli elettroni sono nel numero voluto, l'atomo è neutro; quando vi sono più elettroni, l'atomo è negativo o caricato negativamente e quando vi sono meno elettroni, l'atomo è positivo o caricato positivamente.

Ma è possibile che la quantità di elettroni di un atomo diminuisca o aumenti?

Abbiamo detto che negli atomi vi sono degli elettroni

che si trovano a girare in orbite più distanti dal nucleo di altri, quindi sono più debolmente attirati dai protoni che formano il nucleo centrale dell'atomo; se essi per una ragione qualunque pervengono in una regione in cui si faccia sentire la forza di attrazione del nucleo dell'atomo vicino, possono spostarsi nella sfera d'azione di quest'ultimo. Questo spostamento è relativamente facile poichè abbiamo detto che gli elettroni sono estremamente tenui e quasi sprovvisti d'inerzia. Se immaginiamo dunque che un elettrone di un atomo neutro salti, per così dire, da questo su un altro atomo neutro vicino, ne conseguirà che il primo atomo diventerà positivo e il secondo negativo; infatti il primo atomo avrà un elettrone in meno e il secondo uno in più.

Abbiamo parlato di un elettrone e di due atomi, ma il ragionamento vale naturalmente anche per un numero più grande sia di atomi che di elettroni.

Ci troviamo dunque in presenza di un fenomeno nel quale abbiamo atomi che perdono o acquistano elettroni ed elettroni che passano da un atomo all'altro.

I protoni, che rappresentano l'elettricità positiva e si confondono, in certo modo, con la materia stessa dell'atomo, non partecipano ad alcun movimento, contrariamente agli elettroni (elettricità negativa) che sono eminentemente mobili.

Per meglio chiarire, riassumiamo con altre parole la dissimetria che esiste fra le due specie di elettricità.

L'elettricità negativa, costituita da grani quasi immateriali (elettroni) straordinariamente tenui, ha un'esistenza propria e può muoversi indipendentemente da ogni supporto materiale; l'elettricità positiva, invece, non ha esistenza propria e non può muoversi che portata dal suo supporto naturale che si confonde coll'atomo.

Se ne deduce quindi che l'elettricità positiva portata dalla materia pesante dell'atomo, parecchie migliaia di volte più pesante dell'elettrone, non può entrare in movimento che molto difficilmente, mentre che l'elettricità

negativa, cioè l'elettrone, estremamente leggero, può entrare in movimento sotto l'azione di una piccola forza esterna.

CORRENTE ELETTRICA.

Questo spostamento di elettroni negli intervalli degli atomi costituisce ciò che si è convenuto di chiamare *corrente elettrica*. Esso può essere provocato con vari mezzi:

meccanici: sfregamento, macchine statiche.
chimici: pile e accumulatori.
magnetici: macchine elettriche.
calorici: termo-elementi.

Esaminiamo p. es. il secondo. In una soluzione di

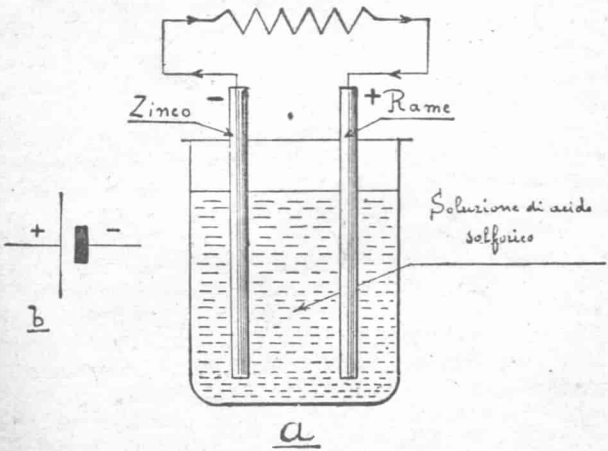


Fig. 4. - *a*) Elemento galvanico. — Gli elettroni si dirigono dallo zinco (polo negativo) al rame (polo positivo). Il passaggio di questi elettroni costituisce la corrente elettrica. — *b*) Rappresentazione simbolica di una pila, quale viene impiegata negli schemi dei circuiti radio.

acido solforico, contenuta in un vaso di vetro, introduciamo due bastoncini: uno di zinco e uno di rame. L'acido solforico ha la proprietà di dissociare gli atomi di zinco e di rame liberando gli elettroni, ma in maggior numero quelli di rame per cui questo diventa positivo rispetto allo zinco.

Riuniamo ora i due bastoncini con un filo metallico i cui atomi, non avendo subito l'influenza di alcuna forza esterna, sono allo stato normale cioè neutri.

Gli elettroni del filo vicini al rame saranno sollecitati a spostarsi su questo attirati dal suo stato positivo e ciò sino a renderlo di nuovo neutro. Ma gli atomi del filo abbandonati da una parte dei loro elettroni diventano a loro volta positivi, per cui attirano gli elettroni degli altri atomi vicini e così di seguito sino e compreso il bastoncino di zinco per cui si vede facilmente che ne risulta un passaggio ininterrotto di elettroni provenienti dallo zinco e diretti verso il rame attraverso il filo metallico, e cioè si stabilisce una corrente elettrica dovuta alla emigrazione di elementi di elettricità negativa che va dallo zinco al rame.

I primi fisici che studiarono l'elettricità, e non conoscevano gli elettroni, avevano supposto che la direzione della corrente fosse dal rame allo zinco come se la corrente si componesse di particelle positive. Abbiamo veduto che è proprio il caso inverso, ma l'errore non ha importanza: basterà ricordare che la direzione della corrente quale è stata convenuta è in senso inverso della direzione effettiva del movimento degli elettroni.

Abbiamo detto che il passaggio di elettroni provenienti dallo zinco e diretti verso il rame è ininterrotto, e questo è possibile poichè l'acido solforico continua a rendere rispettivamente positivo il rame e negativo lo zinco, e il dispositivo descritto, chiamato elemento galvanico, è una sorgente costante di corrente.

CORRENTE ALTERNATA. - FREQUENZA.

Questa corrente a senso unico è chiamata corrente continua. Se immaginiamo invece che la direzione degli elettroni cambi periodicamente e cioè alternativamente in un senso poi nel senso contrario, avremo un'immagine di quello che è la corrente alternata. Il tempo necessario perchè gli elettroni effettuino un'andata e un ritorno è chiamato « periodo » della corrente alternata; il numero dei periodi per minuto secondo è chiamato « frequenza ».

Industrialmente si utilizzano correnti alternate che vanno da un minimo di 16 ad un massimo di 50 periodi al minuto secondo.

In radiofonia invece si utilizzano correnti di frequenza ben superiore che variano entro 10.000 e 10.000.000 e più. Quando una corrente ha una frequenza superiore a 10.000 periodi per secondo si dice che è ad alta frequenza.

ETERE.

In principio di questo capitolo abbiamo parlato di etere: vediamo di che cosa si tratta. Gli scienziati, studiando la natura vibratoria della luce, non potevano ammettere che vi fossero dei corpi vibranti negli spazi interplanetarî senza che questi spazi fossero riempiti da una materia qualunque che occupasse questi « vuoti » e ammisero l'esistenza di una materia imponderabile, che chiamarono *etere*, la quale avrebbe dovuto riempire tutto lo spazio sino agli interstizî fra gli atomi. (Questa ipotesi, molto comoda, è oggi però messa alquanto in dubbio). Quando gli elettroni di una corrente alternata ad alta frequenza s'agitano freneticamente, andando e venendo al ritmo vertiginoso a cui abbiamo sopra accennato, producono nelle parti dell'etere circostante delle oscillazioni (onde elettromagnetiche) che si propagano in ogni direzione, come fa una pietra che cade nelle acque tranquille di uno stagno.

Ed ora le parole colle quali abbiamo incominciato questo capitolo dovrebbero essere più chiare.

In ciascun dispositivo di radio una parte importante è costituita dall'antenna. Essa si presenta sotto la forma di un filo metallico (forma più semplice) di cui una

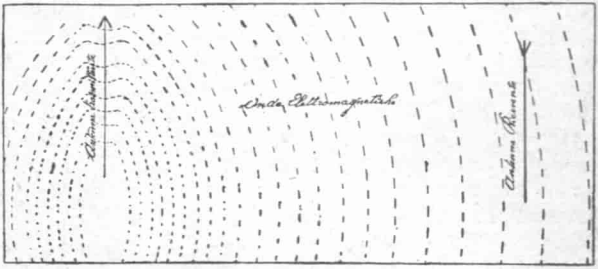


Fig. 5. - Radiotrasmissioni

estremità è fissata ad un punto elevato e l'altra riunita alla terra. Se noi produciamo nell'antenna di una stazione trasmittente una corrente alternata ad alta frequenza, onde elettromagnetiche si propagheranno in tutto lo spazio intorno. Quando queste onde raggiungeranno l'antenna di una stazione ricevente, esse faranno oscillare a loro volta gli elettroni, cioè faranno nascere in questa antenna una corrente ad alta frequenza e come ciò avvenga lo vedremo più avanti.

II.

LA VALVOLA TERMOIONICA.

Ciò che abbiamo imparato della teoria elettronica è già sufficiente per poter comprendere il funzionamento della valvola termoionica, chiamata pure triodo o più semplicemente valvola.

Questo meraviglioso istrumento, la cui applicazione

ha marcato un enorme progresso nel campo delle radiocomunicazioni, è divenuto oggigiorno uno degli organi essenziali degli apparecchi sia trasmittenti che riceventi. Esso infatti può essere utilizzato come generatore di correnti ad alta frequenza, come amplificatore di correnti deboli e come rivelatore.

Vale dunque la pena di esaminarne attentamente il funzionamento.

Una valvola termoionica si compone di un sottile filo metallico (filamento), circondato a certa distanza da una spirale (griglia) pure metallica, il tutto posto al centro di un piccolo tubo di metallo (placca) e racchiuso in un bulbo di vetro in cui è stato fatto il vuoto, cioè estratta l'aria.

Supponiamo che la valvola non contenga che il sottile filo metallico, cioè il filamento; se noi riuniamo le estremità di questo filamento, che fanno capo all'esterno della valvola, a quelle dei bastoncini di rame e zinco di un elemento galvanico, una corrente di elettroni attraverserà il filamento. Siccome sappiamo che questo è costituito da un sottile filo, esso offrirà un angusto passaggio agli elettroni, i quali si urteranno scambievolmente e frequentemente e urteranno gli atomi della materia di cui è composto il filo. Questi urti e attriti

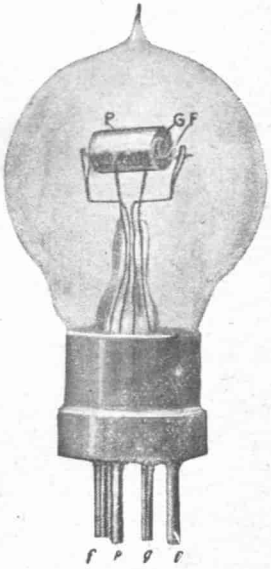


Fig. 6. - Valvola termoionica (triodo). — I tre elettrodi, filamento (*F*), griglia (*G*), placca (*P*), sono contenuti in un bulbo di vetro di forme varie sostenuto da una ghiera di materiale isolante, dalla quale escono quattro spine che fanno capo ai diversi elettrodi.

produrranno necessariamente un certo calore il quale si comunicherà al filamento.

Se il filo sarà abbastanza sottile il fenomeno sarà più energico e il filamento potrà riscaldarsi fino a divenire incandescente, come nelle comuni lampadine elettriche.

D'altra parte abbiamo già veduto come in ogni atomo esistano degli elettroni, che abbiamo chiamati liberi, in movimento attorno al nucleo secondo orbite e distanze più o meno grandi. Il movimento di questi elettroni può venire accelerato sotto l'influenza di forze esterne quali p. es. il calore. Se il corpo si trova ad avere una tempe-

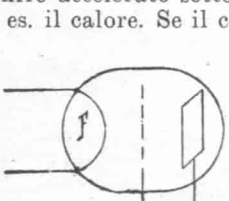


Fig. 7. - Rappresentazione schematica di una valvola: *F* = filamento; *G* = griglia; *P* = placca.

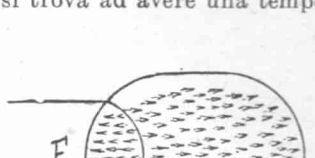


Fig. 8. - Emissione di elettroni da parte di un filamento incandescente. Le frecce indicano la direzione del movimento degli elettroni.

ratura sufficientemente elevata, questo movimento può assumere tale importanza che l'elettrone stesso può venir proiettato nello spazio circostante, analogamente a quanto avviene in un liquido il quale portato alla temperatura di ebollizione lascia sfuggire delle molecole sotto forma gassosa.

Dunque se noi riuniamo le estremità del filamento in questione con quelle di un elemento galvanico, una corrente attraverserà il filamento, il quale, se abbastanza sottile, si riscalderà sino a divenir incandescente. A questo punto, per quanto sopra detto, gli elettroni cominceranno a sfuggire dal filamento passando nello spazio circostante. Ciò si esprime dicendo che il fila-

mento emette degli elettroni e il fenomeno è chiamato *emissione elettronica.*

Questa emissione di elettroni crea naturalmente nell'interno della valvola un'atmosfera di cariche di elettricità negativa (noi sappiamo che gli elettroni si respingono fra loro); quindi questa atmosfera avrà per effetto di contrastare l'uscita degli elettroni dal fila-

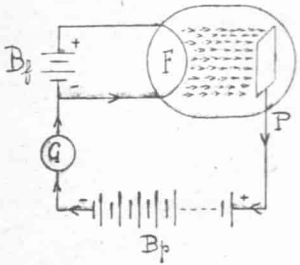


Fig. 9. - Disegno schematico che mostra il collegamento del filamento e della placca alle rispettive batterie. — *Bf* = batteria di accensione del filamento; *Bp* = batteria di placca o anodica; *G* = galvanometro che permette di constatare l'esistenza di corrente nel circuito di placca.

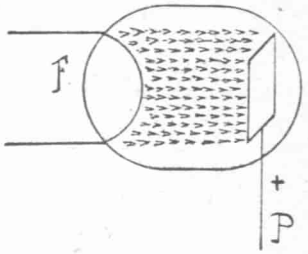


Fig. 10. - La placca essendo resa positiva, gli elettroni emessi dal filamento incandescente vengono da essa attirati. Una corrente elettrica percorrerà lo spazio vuoto compreso fra il filamento e la placca.

mento, la quale andrà sempre più affievolendosi mano a mano che la densità dell'atmosfera andrà accentuandosi.

Quando le due forze contrastanti, cioè quella che spinge gli elettroni fuori dal filamento e quella che tende a contrastarne l'uscita, si faranno equilibrio, l'emissione elettronica cesserà.

Si dice allora che la lampada è satura e il fenomeno si chiama saturazione.

Come abbiamo già rilevato il fenomeno presenta una grande analogia con quello dell'evaporazione.

Quando si riscalda ad una temperatura determinata un liquido qualunque, acqua p. es., contenuto in un recipiente chiuso, l'evaporazione cessa quando la pressione del vapore fa equilibrio alla forza che tende a evaporare il liquido.

Per riattivare il fenomeno bisognerebbe aumentare la temperatura dell'acqua, analogamente bisognerebbe aumentare la temperatura del filamento.

In ogni caso però esiste sempre un punto di saturazione che corrisponde alla temperatura dell'acqua e, analogamente, a quella del filamento.

DIODO.

Immaginiamo ora d'introdurre nella valvola in questione una placca di metallo (chiamata anodo) e colleghiamola col polo positivo di una batteria di pile il cui polo negativo è riunito al filamento.

La placca, essendo collegata al polo positivo della batteria galvanica, si caricherà positivamente, cioè in essa si produrrà una rarefazione di elettroni i quali saranno spinti invece verso il filamento. Dunque la placca conterrà in prevalenza dei protoni i quali attireranno gli elettroni emessi dal filamento.

Gli elettroni che passano sulla placca lasciano il posto libero ad altri i quali non appena saranno emessi dal filamento saranno, per così dire, aspirati dalla placca e rinviati dalla batteria galvanica al filamento. Di sorta che una corrente continua d'elettricità circolerà nel circuito formato dalla placca, batteria, filamento e spazio tra filamento e placca.

La batteria di pile (batteria galvanica) collegata alla placca (anodo) viene designata coll'appellativo di batteria anodica, e anodica viene pure chiamata la corrente che vi circola.

Noi possiamo d'altra parte constatare l'esistenza di questa corrente per mezzo di uno strumento speciale di misura chiamato « galvanometro » atto specialmente a rivelare l'esistenza di correnti deboli.

Vediamo ora che cosa accadrebbe se, intervertendo le connessioni, noi rendessimo la placca negativa, nella quale quindi si spingeranno molti elettroni contrariamente al caso precedente in cui si produceva una rarefazione di elettroni.

Gli elettroni respingono gli elettroni, quindi gli elettroni emessi dal filamento saranno respinti dalla placca negativa e nessuna corrente potrà aver luogo.

Prima di continuare, vogliamo indicare che il filamento, la placca e la griglia vengono designati col nome di elettrodi e che il filamento viene pure chiamato ca-

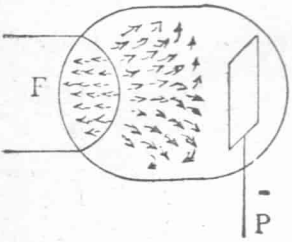


Fig. 11. - La placca è negativa: essa respinge gli elettroni emessi dal filamento.

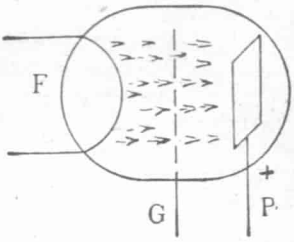


Fig. 12. - Gli elettroni emessi dal filamento raggiungono la placca di potenziale positivo traversando la griglia.

todo (da cui anche l'appellativo di lampada catodica dato alla valvola).

Quando la valvola, come nel caso sopra descritto, non è formata che dal filamento e dalla placca, prende il nome di *diodo*, mentre viene chiamata *triodo* quando gli elettrodi sono in numero di tre: filamento, griglia e placca.

Aggiungeremo che non senza ragione è stato dato a questo proteiforme istrumento il nome di valvola. Infatti la placca non essendo incandescente non può emettere elettroni; quindi nessuna corrente può passare dalla placca al filamento. Si vede dunque che la lampada catodica non lascia passare la corrente di elettroni che in

unico senso e cioè dal filamento alla placca. Essa funziona quindi come una valvola di una pompa che non lascia passare il liquido che in una sola direzione chiudendosi quando quest'ultimo tenta di spostarsi in senso contrario.

Triodo.

Le considerazioni suesposte sulla valvola a due elettrodi ci permetteranno di comprendere meglio la proprietà della valvola a tre elettrodi, che, come già detto, è l'organo principale degli apparecchi radiofonici e che non differisce dal primo che per l'aggiunta di un terzo elettrodo, la griglia.

Qual'è dunque la funzione di questo terzo elemento formato da una spirale che circonda il filamento?

In poche parole la risposta potrebbe essere questa: La griglia serve a far variare l'intensità della corrente di placca. Vediamo quindi in primo luogo che cosa s'intende per intensità di corrente, di cui non abbiamo ancora avuto occasione di parlare.

Intensità di corrente.

Abbiamo chiamato corrente elettrica il passaggio di elettroni in una direzione, determinata per esempio dal filo col quale abbiamo riunito i due bastoncini di rame e zinco dell'elemento galvanico. A seconda che a questo passaggio partecipano più o meno elettroni, ogni elettrone rappresentando una certa quantità di elettricità, la corrente sarà quantitativamente più o meno grande ma indeterminata nel tempo. Ma se fissiamo il limite di tempo durante il quale conveniamo di misurare la quantità di elettricità, o il numero di elettroni, ogni indeterminazione scompare. Intensità di corrente è stata appunto definita la quantità di elettricità che passa in un minuto secondo, che è il limite di tempo scelto.

Nel linguaggio comune non si dice però che l'intensità di corrente è di 100.000.000 a 1.000.000.000 di elettro-

ni per minuto secondo. Praticamente si misura la corrente in « ampère ». In radio, essendo le correnti, rispetto a quelle industriali, molto deboli, si adoperano per comodità i sottomultipli: *milliampère* (cioè la millesima parte di un ampère) e *microampère* (cioè la milionesima parte di un ampère).

Un microampère corrisponde al passaggio, al movimento, di 6280 miliardi di elettroni al minuto secondo.

Diamo qui sotto qualche dato d'intensità di corrente. Per confronto potremo renderci conto dell'ordine di grandezza delle correnti che circolano in qualche parte degli apparecchi radio.

— Corrente di alimentazione di un motore normale di tranvia: 90 ampère.
— Corrente di alimentazione di un ferro da stiro per famiglia: circa 4 ampère.
— Corrente di alimentazione di un motore di 1 cavallo: circa 6 ampère.
— Corrente di accensione di una comune media lampadina elettrica: circa 0,3 ampère.
— Corrente anodica delle valvole termoioniche di ricezione: da 1 a 50 milliampère.
— Corrente di griglia delle valvole termoioniche: qualche microampère.

TENSIONE.

L'idea d'intensità di corrente non può essere disgiunta da quella di *tensione*, cioè la forza che spinge, che muove gli elettroni. Dalle nozioni già acquisite è facile intuire che la tensione, detta anche differenza di potenziale fra due punti, risulta dalla differenza di intensità di elettroni superflui esistenti in questi punti.

Per esempio, gli atomi del bastoncino di zinco della nostra pila contengono più elettroni che quelli del bastoncino di rame, dunque esiste fra i due bastoncini una differenza di potenziale, una tensione. Questa tensione sarebbe come una pressione elettrica, e quando noi unia-

mo i due punti fra cui esiste questa pressione, essa spinge gli elettroni e fa nascere una corrente elettrica. Ne viene di conseguenza che più la differenza di pressione è grande e più grande è l'intensità di corrente.

Nel medesimo modo che all'unità di misura dell'intensità di corrente è stato dato il nome di ampère, dal nome del celebre scienziato francese (Ampère), così all'unità di tensione è stato dato il nome di volta in onore del nostro insigne Volta.

Le tensioni che si riscontrano in radio comprendono valori molto diversi. Da 150 volta e più sino a qualche volta e da pochi millivolta a qualche microvolta.

Millivolta è la millesima parte di 1 volta.
Microvolta è la milionesima parte di 1 volta.

Le tensioni alternate che agiscono sulla griglia di una valvola termoionica ricevente, varia da qualche microvolta ad alcuni volta.

Una pila ha una tensione compresa fra 1 e 2 volta.

Abbiamo dunque veduto che ad ogni aumento della tensione corrisponde un aumento dell'intensità della corrente; noi possiamo quindi ammettere che anche nella lampada catodica aumentando la differenza di potenziale fra la placca e il filamento si otterrà un corrispondente aumento nell'intensità della corrente. Infatti si può provare sperimentalmente. Quando la differenza di potenziale fra la placca e il filamento di una valvola è di 80 volta, l'intensità di corrente è di circa 2 milliampère. Se noi portiamo a 90 volta la tensione, l'intensità di corrente crescerà sino a 2,2 milliampère. Aumentando ancora la tensione, l'intensità della corrente aumenterà ma non indefinitamente, poichè esiste un limite e cioè una corrente limite chiamata corrente di saturazione, raggiunto il quale, qualsiasi aumento di tensione non potrà più provocare alcun aumento d'intensità. Come ciò possa essere si spiega pensando che il filamento non può emettere per minuto secondo che una determinata

quantità di elettroni in rapporto col grado di temperatura al quale detto filamento viene mantenuto.

Ed ora possiamo riprendere il nostro ragionamento. Nel 1906 l'inventore De Forest ebbe la felice idea di trasformare il diodo di Fleming in triodo coll'aggiunta di un altro elettrodo (griglia) in forma di piccola placca bucherellata o di spirale fra il filamento e la placca.

Per raggiungere la placca, gli elettroni debbono attraversare la griglia. Se noi rendiamo la griglia positiva per rapporto al filamento, essa aiuterà ad attirare gli elettroni, cioè rinforzerà l'attrazione esercitata dalla

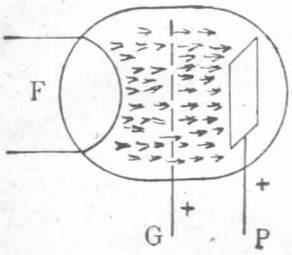


Fig. 13. - La griglia essendo caricata positivamente per rapporto al filamento, la corrente di elettroni diventa più intensa.

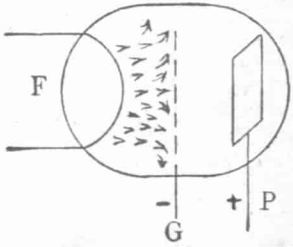


Fig. 14. - La griglia essendo caricata negativamente per rapporto al filamento, gli elettroni vengono da essa respinti e malgrado che la placca sia positiva non possono raggiungerla.

placca, e la corrente anodica sarà più intensa. Se invece rendiamo la griglia negativa, essa respingerà gli elettroni i quali non potranno più raggiungere la placca e quindi la corrente anodica si annullerà.

Non bisogna dimenticare che la griglia essendo più vicina al filamento della placca, ogni variazione del suo potenziale avrà un'influenza molto più grande sull'intensità di corrente che non avrebbe questa medesima variazione del potenziale effettuata sulla placca. Abbiamo veduto che per aumentare questa intensità di 0,2 milliampère, abbiamo dovuto aumentare di 10 volta la

differenza di potenziale fra il filamento e la placca; ora per ottenere questo medesimo risultato basta aumentare di un solo volta la differenza di potenziale fra la griglia e il filamento.

Abbiamo un esempio analogo in idraulica. Per aumentare o diminuire l'intensità di una corrente di acqua che attraversa una conduttura si dovrebbe aumentare o diminuire fortemente la pressione che spinge l'acqua. Ma ciò non è sempre possibile ed allora si dovrebbe pensare ad aumentare o diminuire il diametro della conduttura. Questa soluzione, di per se stessa inattuabile, è stata sostituita coll'applicazione di un rubinetto alla conduttura, che risolve in modo facile e poco dispendioso il problema. Aprendo più o meno il rubinetto otteniamo un aumento o una diminuzione della corrente liquida. Analogamente avviene appunto colla griglia la quale resa più o meno positiva per rispetto al filamento ci permette, con piccole variazioni di potenziale o tensione, di ottenere grandi variazioni di intensità della corrente anodica.

Questo è appunto il principio fondamentale su cui riposa il funzionamento della valvola termoionica, la cui conoscenza ci sarà utile più avanti quando dovremo tornare sull'argomento.

III.

ELEMENTI DEI CIRCUITI.

Un esame anche superficiale dei diversi apparecchi radio ci persuade facilmente che quasi tutti si compongono dei medesimi elementi; valvole, condensatori, bobine, resistenze, ecc., dispositi e collegati in modo vario, per cui la conoscenza delle proprietà di questi elementi si rivela indispensabile.

Abbiamo già esaminato la teoria elementare della

lampada catodica, teoria che perfezioneremo in seguito; passiamo ora in esame qualcuno degli elementi sopra elencati, cominciando dai condensatori.

CONDENSATORI.

Tagliamo in un punto qualunque il filo metallico col quale abbiamo riunito i due poli (cioè i bastoncini di rame e zinco) della nostra pila. Gli elettroni non potranno più traversare lo spazio d'aria così creato sul loro cammino (a meno che questo spazio non sia ridottissimo). Non vi sarà più corrente dunque, ma pur tuttavia il polo positivo avrà una tendenza ad attirare, e il polo negativo a respingere, gli elettroni e quindi l'estremità libera del filo collegato al polo positivo avrà meno elettroni della estremità del filo collegata al polo negativo. E se desideriamo che l'estremità negativa abbia anche più elettroni dovremo munirla di uno spazio abbastanza vasto per poterli contenere, e ciò faremo applicando una placca metallica all'estremità del filo.

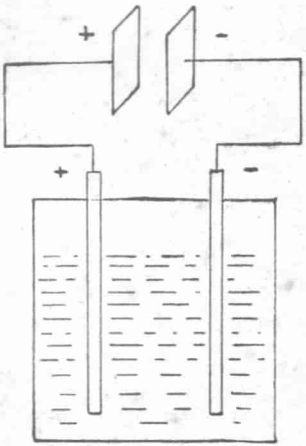


Fig. 15. - Condensatore formato da due lastre metalliche piane separate dall'aria e caricato con una pila comune. La placca negativa contiene elettroni in numero molto maggiore della placca positiva.

D'altra parte questi elettroni si raccoglieranno in tanto più grande quantità in quanto saranno attirati da un più gran numero di protoni che si trovino sull'altro filo, quindi è logico di munire di una placca anche l'altra estremità. Avremo così due placche poste l'una di fronte all'altra e separate fra loro da un in-

tervallo d'aria o da altro isolante (p. es. vetro, carta paraffinata, ecc.). Il sistema indicato forma un condensatore.

Conduttori e isolanti.

Poichè l'occasione si presenta cerchiamo di chiarire che cosa s'intende per isolante e che cosa s'intende per conduttore. In certi corpi, i metalli in particolar modo, gli elettroni possono circolare più o meno liberamente fra gli atomi, questi corpi sono detti buoni conduttori o semplicemente conduttori; altri corpi invece, per la loro stessa natura, sembrano opporsi a ogni spostamento di elettroni, essi sono chiamati cattivi conduttori o isolanti.

Se noi immaginiamo di depositare in un punto di un conduttore degli elettroni, questi si spandono istantaneamente su tutto il conduttore, mentre in un corpo isolante essi restano fissati dove sono stati depositati.

Non esistono però corpi perfettamente conduttori o perfettamente isolanti. I migliori conduttori si oppongono sempre più o meno al passaggio degli elettroni, come pure i migliori isolanti si lasciano sempre un po' attraversare da essi.

Alcuni buoni conduttori sono il rame, lo zinco, il ferro, il piombo, il carbone. Gli isolanti più comuni si possono elencare come segue: aria secca, legno, lana, seta, vetro, resina, gomma, ebanite, mica, paraffina, ecc.

La Terra costituisce un immenso corpo conduttore.

Resistenza.

Abbiamo detto che i corpi anche buoni conduttori si oppongono sempre più o meno al passaggio della corrente, cioè offrono una certa resistenza. *Resistenza* viene appunto chiamata la proprietà della materia di contrastare il passaggio di elettroni o la proprietà di convertire l'energia degli elettroni mobili in calore.

L'esperienza mostra che la *resistenza*, la quale dipende come abbiamo veduto dalla natura del corpo, è propor-

zionale alla lunghezza del conduttore e inversamente proporzionale alla sua sezione.

Anche qui abbiamo un'unità di misura che venne chiamata *ohm**(in onore del fisico tedesco Ohm) coi suoi multipli e sottomultipli: il megohm uguale a 1 milione di ohm e il microhm ossia 1 milionesimo di ohm.

La nozione di resistenza che oppone un corpo a lasciarsi attraversare dalla corrente, trova riscontro in altri fenomeni di cui abbiamo esempi vari e direi quasi innumeri. Una nave incontra resistenza a scorrere sull'acqua, un uccello incontra resistenza a volar nell'aria, un liquido trova resistenza a circolare in una conduttura, ecc.

Questa resistenza è la ragione stessa della forza che occorre per produrre qualunque movimento. Così anche per l'elettricità e sarà bene anzi conoscere la legge che lega i tre valori elettrici e ciè la tensione, la corrente e la resistenza, la quale si può esprimere così: la corrente elettrica è direttamente proporzionale alla tensione che la genera e inversamente proporzionale alla resistenza del corpo che deve attraversare.

Da ciò risulta che quando questa resistenza è minima la corrente può divenire elevatissima e quando la resistenza è elevatissima (caso degli isolanti) la corrente può scendere praticamente a zero (cioè interruzione completa di passaggio di elettroni).

Riprendiamo in esame il nostro condensatore e consideriamo attentamente ciò che avviene se noi uniamo le placche del condensatore ai due poli di un elemento galvanico. Sembra, a prima vista, che nessuna corrente possa passare, ma se riflettiamo che gli elettroni dovranno lasciare la placca positiva e raccogliersi su quella negativa, vedremo che almeno momentaneamente una corrente avrà luogo, la quale, assai intensa in principio, andrà sempre più affievolendosi, sia perchè a mano a mano che gli elettroni si addensano sulla placca negativa i nuovi venuti trovano più difficilmente posto, sia perchè man mano che la placca positiva perde i

suoi elettroni, i protoni esercitano sui rimanenti un'attrazione maggiore e questi incontrano più difficoltà a lasciar la placca positiva. È naturale quindi che verrà un momento in cui la corrente cesserà completamente. Si dice allora che il condensatore è caricato.

Bisogna notare che la durata del fenomeno che abbiamo analizzato è praticamente molto corta e dipende naturalmente dalla *capacità* del condensatore.

CAPACITÀ.

Che cosa significa « capacità » quando si tratta di un condensatore? Nel medesimo modo che si dice che un recipiente è più o meno capace di un altro quando è in grado di contenere più o meno liquido, così la capacità di un condensatore è la proprietà di contenere, d'immagazzinare una più o meno grande quantità di elettroni.

Sembrerebbe a prima vista che la capacità debba dipendere unicamente dalle dimensioni delle placche; invece altri fattori entrano in giuoco, fra i quali la distanza fra le placche e la natura del dielettrico, cioè dell'isolante che riempie lo spazio fra le due placche.

Che la capacità di un condensatore debba essere proporzionale alle sue dimensioni, è intuitivo e non domanda spiegazioni; la distanza fra le placche avendo per effetto di affievolire l'attrazione che i protoni della placca positiva esercitano sugli elettroni della placca negativa, ci renderemo conto che quando questa distanza diminuisce l'attrazione diventa maggiore, ciò che avrà per effetto di richiamare un numero superiore di elettroni.

Il dielettrico, d'altra parte, partecipa pure a questa azione in quanto, tra l'altro, oppone una più o meno grande resistenza alla trasmissione di questa attrazione, come farebbe una molla la quale può essere più o meno caricata di pesi a seconda della sua robustezza.

Riassumendo, la capacità di un condensatore è tanto

maggiore quanto maggiore è la superficie delle sue placche e quanto minore è la distanza che le separa, mentre lo spessore delle placche non ha influenza alcuna. La natura del dielettrico ha un'importanza considerevole.

Notiamo incidentalmente che se, per es., un condensatore con separazione d'aria ha una capacità uno, il medesimo condensatore, nel quale l'aria viene sostituita con una lastra di vetro, avrà una capacità sei volte più grande.

Anche per la capacità gli scienziati hanno determinato l'unità di misura alla quale, in onore del fisico inglese Faraday, hanno imposto il nome di *farad.*

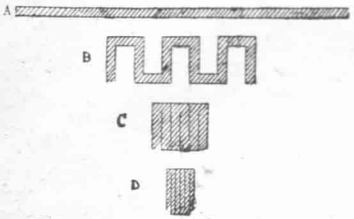


Fig. 16. - Modo di ridurre, con opportuni accorgimenti, un condensatore di dimensioni ingombranti in un condensatore di piccole dimensioni.

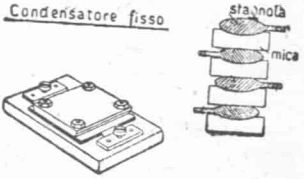


Fig. 17.

Un condensatore con dielettrico formato da uno spessore d'aria di 1 centimetro, per avere la capacità di 1 Farad dovrebbe essere costituito da due placche di metallo aventi una superficie di più di mille chilometri quadrati.

Se noi avvicinassimo le due placche a 1 millimetro di distanza, riducendo così lo spessore del dielettrico, una superficie di poco più di 100 chilometri sarebbe sufficiente, e se invece dell'aria adoperassimo dei fogli di mica con uno spessore di mezzo millimetro, i 100 chilometri potrebbero ridursi a meno di 10.

Comunque, però, si vede che il Farad è un'unità di misura troppo grande in pratica. Si usa quindi il mi-

crofarad, che è uguale a un milionesimo di farad, ed anche il micromicrofarad, che è uguale a un milionesimo di milionesimo di farad. In radio si adopera pure una unità di capacità chiamata centimetro. Essa non ha nulla a vedere con l'unità di lunghezza del medesimo nome e appartiene ad un sistema di unità diverso dal farad.

Fig. 18. - Condensatore fisso a dielettrico di mica, d'impiego corrente in radio.

Basterà ricordare che un microfarad equivale a 900.000 centimetri. La capacità quindi di un centimetro è uguale a 1: 900.000 di microfarad, cioè 0,9 di microfarad. Abbiamo parlato di condensatori, immaginandoli formati da lastre metalliche disposte secondo due piani paralleli.

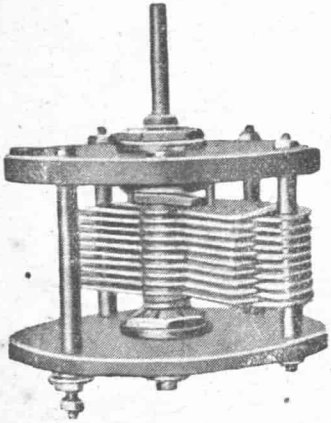


Fig. 19. - Condensatore variabile.

Evidentemente la loro costruzione sarebbe così molto incomoda. Si ricorre in pratica a disposizioni diverse che ne limitano di molto l'ingombro. Per rendercene conto seguiamo il disegno schematico indicato dalla figura 16.

Rappresentando in *A* un condensatore, pieghiamo le placche come in *B*. Vediamo subito che possiamo riunire in un solo elemento i tratti doppi e ottenere con la disposizione *C* un condensatore della medesima capacità, ma molto meno ingombrante. Potendo avvicinare anche maggiormente le armature (*D*) è possibile ottenere condensatori di grande capacità e di dimensioni molto ridotte.

In generale si impiegano condensatori con due serie di armature (così si chiamano pure le placche) separate con mica o carta paraffinata come indicato nella fig. 17, quando essi debbano avere una capacità invariabile e sono quindi chiamati fissi. Tuttavia è indispensabile di avere dei condensatori a capacità variabile e allora essi si compongono di due serie di armature semicircolari, una mobile e una fissa, adoperando come dielettrico l'aria. In ogni serie le placche sono elettricamente collegate fra loro, ma i due sistemi, mobile e fisso, sono rigorosamente isolati l'uno rispetto all'altro. Quando si fa girare l'asse della parte mobile, una parte più o meno grande di ciascuna placca mobile entra senza contatto fra due placche fisse, ottenendo così una variazione della capacità del condensatore. La capacità massima di un condensatore di questa specie è ordinariamente di un millesimo di microfarad. Esso offre un volume d'ingombro superiore ai condensatori fissi, in quanto che in questi ultimi si impiegano dielettrici solidi che offrono una più grande possibilità di capacità, ma posseggono l'inconveniente di dar luogo a perdite di energia tanto maggiori quanto più numerose sono le cariche e le scariche per unità di tempo. Dunque, quando un condensatore deve servire per cariche e scariche di « alta frequenza », il dielettrico preferito è l'aria, malgrado il maggior volume d'ingombro cui dà luogo.

L'INDUZIONE.

Il condensatore di cui abbiamo parlato può sembrare, a prima vista, un eccellente serbatoio d'elettricità, di poco peso, quindi di facile trasporto.

Sembrerebbe pure che dovrebbe bastare di riunire le due armature con un conduttore per avere a disposizione una sorgente di elettricità. In realtà le cose vanno

ben diversamente. Riunendo le armature di un condensatore carico con un conduttore, questo sarà attraversato da una corrente è vero, la quale però avrà una durata talmente breve, che volendo accendere una piccola lampada elettrica, essa non brillerà che per un istante.

Vi è però un mezzo per mantenere la corrente in un condensatore, come vedremo.

Ma prima è necessario conoscere il misterioso fenomeno dovuto alla corrente elettrica e chiamato « induzione elettromagnetica ». Ci spiegheremo con un sempio (fig. 20).

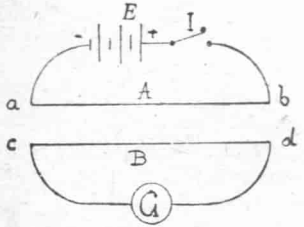


Fig. 20. - Quantunque i due fili non si tocchino, pure variazioni di corrente in *A* provocano correnti in *B* le quali sono rivelate dal galvanometro *G*.

Supponiamo di avere due fili metallici, *A* e *B* alla distanza di qualche centimetro l'uno dall'altro. Riuniamo le estremità di *A* con una sorgente di elettricità, quale p. es. una batteria di pile *E*, completando il circuito con un interruttore *I*. Questo circuito sarà dunque formato dal filo *a b*, dalla batteria e dall'interruttore. Riuniamo pure le estremità *c*, *d* del filo *B* con un galvanometro. Sembra a prima vista che sia perfettamente inutile inserire il galvanometro (ripetiamo qui che questo istrumento sensibilissimo serve a rivelare il passaggio di tenuissime correnti indicandone anche la direzione) in un circuito dove non passerà mai alcuna corrente poichè non è alimentato da nessun generatore di elettricità.

Eppure avviene proprio il contrario, ma seguiamo il fenomeno.

Chiudendo l'interruttore *I*, nel medesimo istante potremo osservare che l'ago del galvanometro si muove per ritornare poi subito alla sua posizione normale. Che cosa è avvenuto? Chiudendo l'interruttore una corrente si stabilisce nel circuito di *A*. Gli elettroni messi in

movimento hanno cominciato a percorrere il filo da *a* a *b*. In questo stesso istante nel filo *B*, degli elettroni sono passati, (e il galvanometro ce lo ha indicato) da *d* a *c*, cioè nella direzione contraria, ma per un brevissimo tempo. Ora la corrente continua a passare nel filo *A*, ma il galvanometro ci indica che nel filo *B* non vi è più corrente.

I fili *A* e *B* non hanno nulla in comune eppure l'apparizione di un movimento di elettroni in *A* ha provocato una piccola corrente in *B*.

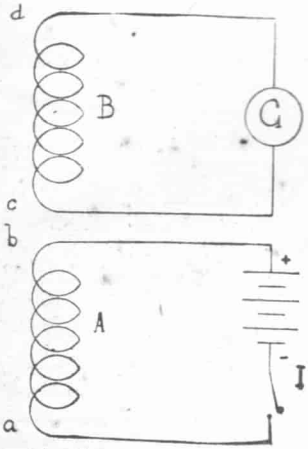


Fig. 21. - In luogo dei due fili della fig. 20 abbiamo qui due bobine. I fenomeni di induzione si riprodurranno ugualmente ma con intensità maggiore.

Apriamo ora l'interruttore, interrompiamo quindi la corrente in *A*. Il galvanometro ci rivela ancora il passaggio di una corrente in *B* diretta da *c* a *d* e che cessa però quasi istantaneamente.

Generalizzando, diremo che allorquando noi abbiamo due fili paralleli e che una corrente ha origine in uno di essi o quando questa corrente cessa, si verifica nell'altro filo pure una corrente momentanea rispettivamente in senso contrario o nel medesimo senso della prima.

Questo fenomeno per il quale una corrente passante in un conduttore influenza un altro conduttore posto a corta distanza si chiama « induzione » e la corrente momentanea che si produce in questo secondo conduttore si dice « corrente indotta ».

Grazie all'induzione noi abbiamo realizzato un trasporto di energia senza fili, quantunque la quantità

trasportata non sia molto grande. Per aumentarla è logico pensare che basterà aumentare la lunghezza dei due fili *A* e *B*. Ciò che in pratica si fa avvolgendo i due fili su di un rocchetto, e ottenendo così due bobine. Basterà ora avvicinare le due bobine per osservare i medesimi fenomeni.

Autoinduzione.

Abbiamo indicato in che modo avviene l'induzione di un circuito su di un altro, ma il fenomeno d'*induzione* si manifesta pure su di un semplice circuito o, ciò che è lo stesso, sulla spire di una medesima bobina.

Vediamo (fig. 21). Quando si chiude l'interruttore *I* si produce in *A* una corrente di elettroni da *a* a *b*. Nel medesimo tempo nasce in *B* una corrente indotta momentanea che va da *d* a *c*. Quando si apre l'interruttore *I*, la corrente cessa in *A* ma in *B* vi è una corrente indotta che va da *c* a *d*.

Riunendo ora i punti *b* e *c* delle bobine (fig. 22) non vi sarà nessun cambiamento. Di nuovo l'apertura o la chiusura dell'interruttore *I* faranno nascere in *B* una corrente indotta di senso contrario o del medesimo senso.

Ora se noi sopprimiamo la connessione mediana, che cosa accadrà quando chiuderemo l'interruttore *I*? Una corrente di elettroni passerà da *a* a *d* ma per andare da *a* a *d*, passerà prima da *a* a *b* e noi sappiamo che quando una corrente nasce nel tratto *a b* si produce una corrente indotta con direzione *d c*, e quando l'interruttore sarà aperto, la corrente da *a* a *b* cesserà ma sussisterà la corrente indotta da *c* a *d*.

Da tutto quanto è stato detto sopra, possiamo trarre una importante conclusione. Noi vediamo che quando una corrente prende origine in una bobina, essa vi produce una corrente indotta di direzione contraria e quan-

do una corrente cessa, essa vi produce una corrente indotta dal medesimo senso.

Questo fenomeno si chiama « autoinduzione » e si può riassumere così: Quando in una bobina si fa passare una corrente, questa non raggiunge immediatamente la sua intensità, in quanto che è contrariata dalla corrente di autoinduzione. Al contrario di quello che avviene quan-

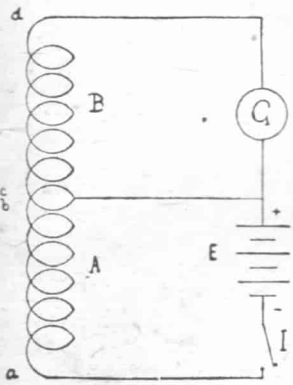


Fig. 22. - Riunendo i punti c e b della fig. 21, otteniamo la fig. 22. La riunione di c e b non fa subire alcun mutamento al fenomeno di induzione.

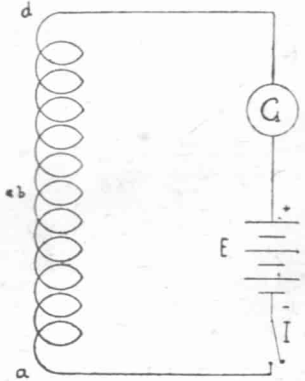


Fig. 23. - Sopprimendo il collegamento mediano della figura precedente otteniamo lo schema qui figurato. Il fenomeno d'induzione sussiste dunque anche in una unica bobina e si chiama allora autoinduzione.

do noi sopprimiamo la corrente, nel qual caso la corrente non scompare immediatamente, in quanto la corrente di autoinduzione la prolunga durante un certo tempo, quantunque cortissimo.

Per ben chiarire le idee bisogna tener presente che le correnti indotte hanno solo origine nel periodo variabile della corrente principale, e cioè, quando la cor-

rente passa da zero al suo valore normale o quando dal valore normale passa a zero. Durante il tempo in cui la corrente rimane a valore costante il valore della corrente indotta è nullo.

IV.

IL CIRCUITO OSCILLANTE.

Supponiamo di avere un condensatore carico disposto in un circuito contenente una bobina e un interruttore *I* (fig. 24) di cui la placca *1* è positiva e la placca *2*, per conseguenza, negativa.

Se noi chiudiamo l'interruttore *I*, il condensatore si scaricherà e la corrente di scarica attraverserà la bobina la quale, sappiamo, possiede la proprietà di autoinduzione (questa proprietà viene chiamata più brevemente « induttanza »). Dunque la corrente di scarica andrà aumentando, benchè ostacolata dalla corrente di senso contrario dovuta alla autoinduzione, sino a che la differenza di potenziale che esisteva fra le due armature del condensatore si sarà annullata, nel qual caso però la corrente non cesserà immediatamente in quanto sarà in certo modo prolungata dalla corrente indotta che questa volta ha la medesima direzione della corrente di scarica.

Questa corrente indotta trasporterà quindi degli elettroni dalla placca *2* alla placca *1*, la quale finirà per avere più elettroni della placca *2*, divenendo così negativa rispetto alla placca *2;* ciò che si esprime dicendo che il condensatore si è ricaricato. Il circuito (chiamasi circuito la riunione di tutti gli oggetti che sono attraversati da una medesima corrente) essendo sempre chiuso si produrrà immediatamente un'altra scarica e così di seguito. Gli elettroni oscilleranno senza posa fra le

placche *1* e *2* del condensatore, attraversando la bobina consecutivamente in un senso, poi nel senso opposto.

Un siffatto circuito viene chiamato « oscillante ». Esso ha infatti la proprietà di divenire sede di oscillazioni elettriche ogniqualvolta vengano apportate delle perturbazioni al suo stato elettrico.

Così come l'abbiamo descritto sembrerebbe che un circuito oscillante dovesse realizzare, caricando una sola volta il condensatore, il moto perpetuo (moto perpetuo

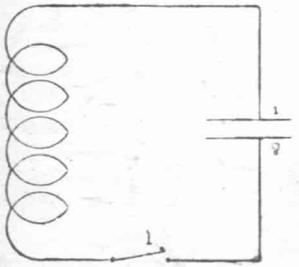


Fig. 24. - Circuito oscillante, formato da una bobina e da un condensatore.

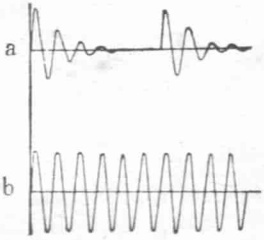


Fig. 25. - Rappresentazione grafica delle correnti di scarica di un condensatore: *a*) oscillazioni smorzate; *b*) oscillazioni continue.

di elettroni). Teoricamente è vero ma praticamente no. La corrente, traversando il filo metallico che costituisce la bobina, perde una parte della sua energia e dopo qualche passaggio diviene troppo debole: l'oscillazione si smorza.

Affinchè l'oscillazione possa continuare, è necessario fornire al circuito quella parte di energia perduta (consumata nella resistenza), prendendola da una sorgente esterna.

Possiamo paragonare le oscillazioni degli elettroni in un circuito oscillante, alle oscillazioni di un pendolo le quali pure, in causa della perdita di energia dovuta alla resistenza dell'aria, cessano poco a poco.

CIRCUITO ETERODINA.

E nel medesimo modo che negli orologi per mezzo di un peso o di una molla, cioè di una forza esterna, si è pervenuti a fornire quella piccola quantità di energia che permette di rendere continue le oscillazioni, così per mezzo di un dispositivo che attinge energia dall'esterno si è pure pervenuti a rendere continue le oscillazioni dovute alla corrente di scarica del condensatore di un circuito oscillante.

Come si può immaginare, il dispositivo non comporta che apparecchi elettrici che noi conosciamo e il ritrovato consiste nel modo in cui vengono collegati fra loro. Così dicesi « circuito eterodina » o anche semplicemente « eterodina », quel circuito in cui le oscillazioni sono rese continue. Un'eterodina è dunque il dispositivo che permette di produrre oscillazioni continue, un generatore quindi di oscillazioni continue.

Vediamo un po' di che cosa si tratta.

Un condensatore variabile, due bobine, una valvola e due batterie sono sufficienti per costruire un circuito eterodina.

Disponiamo gli apparecchi sopra elencati, connettendoli come segue: i due morsetti del filamento della valvola alla batteria di accensione; il polo negativo della batteria di placca al positivo della batteria di accensione, poi il polo positivo della batteria di placca ad uno dei terminali di una bobina coll'intermediario di un manipolatore, e l'altro capo di questa bobina al morsetto di placca della valvola. Il condensatore variabile verrà collegato da una parte alla griglia e dall'altra al morsetto del filamento che è unito col negativo della batteria di accensione. L'altra bobina verrà collegata coi due morsetti del condensatore. Così facendo avremo realizzato lo schema della fig. 26.

Osserviamo subito che abbiamo un circuito oscillante

formato dalla bobina *A* col condensatore variabile. Questo circuito è collegato alla griglia e al filamento della valvola, e, comprendendo lo spazio fra la griglia e il filamento, costituisce ciò che chiamasi il circuito di griglia. Il circuito che comprende la placca, la bobina *B*,

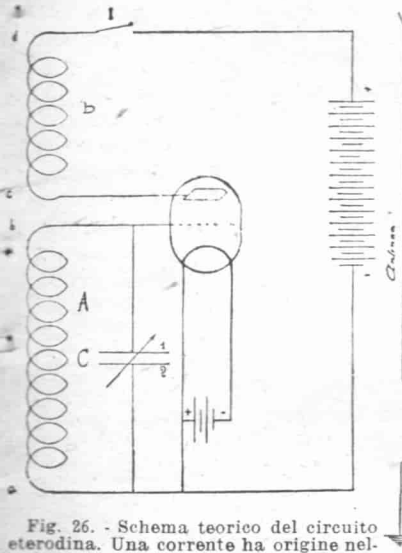


Fig. 26. - Schema teorico del circuito eterodina. Una corrente ha origine nella bobina *A* e *B* in causa della loro induzione. La frequenza di questa corrente dipende dai valori dell'induttanza della bobina *A* e della capacità del condensatore *C*.

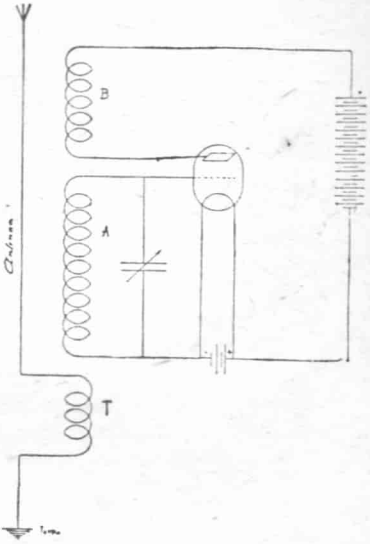


Fig. 27. - Schema di un radiotrasmettitore formato da una eterodina accoppiata induttivamente coll'antenna.

l'interruttore o manipolatore *I*, la batteria, che sappiamo chiamarsi anodica, il filamento e lo spazio tra il filamento e la placca, chiamasi il circuito di placca.

Le due bobine non possono trovarsi disposte in un modo qualunque, ma saranno vicine l'una all'altra di modo che vi sia una certa induzione fra loro.

La batteria d'accensione alimenta il filamento della valvola, il quale portato all'incandescenza emette degli elettroni. Se ora chiudiamo l'interruttore *I*, questi elettroni percorreranno il circuito di placca così: partendo dal polo negativo della batteria anodica, gli elettroni arrivano al filamento, che abbandonano per saltare sulla placca, traversano poi la bobina *B* da *c* a *d* e ritornano al polo positivo della batteria.

Dunque una corrente passa attraverso la bobina da *c* a *d*, ciò che dà origine ad una corrente indotta nella bobina *A*, di senso contrario e cioè da *b* ad *a*. Questa corrente indotta nella bobina che va da *b* ad *a* trasporterà degli elettroni dalla griglia e dall'armatura *1* del condensatore, al filamento e all'armatura *2* del condensatore creando una differenza di potenziale fra la griglia e il filamento, e la griglia sarà positiva (gli elettroni mancano) in confronto del filamento sul quale gli elettroni si trasportano in abbondanza.

Ma quando la griglia diventa positiva, la corrente di elettroni che va dal filamento alla placca aumenta; aumenta quindi la corrente che attraversa la bobina *B*, quindi aumenta la corrente indotta nella bobina *A*, ciò che causerà un aumento del potenziale positivo della griglia, e... potremmo ricominciare questo periodo da capo, per una serie ininterrotta di volte fino a concludere che la corrente anodica cresce indefinitamente. In realtà l'emissione di elettroni da parte del filamento avendo un limite che abbiamo chiamato corrente di saturazione, questo limite limiterà l'ampliamento del fenomeno, per cui la corrente anodica andrà gradualmente crescendo sino a raggiungere una intensità in rapporto col sistema e limitata dalla corrente di saturazione che non può in nessun modo essere aumentata. Raggiunto questo limite, sembrerebbe che la corrente anodica dovesse mantenersi invariata, ma questo non è possibile. Infatti, siccome la corrente di placca che

traversa la bobina *B* non può più aumentare, questa corrente senza variazione non produce più induzione sulla bobina *A*, la quale quindi non è attraversata da nessuna corrente. Il condensatore allora, di cui l'armatura *1* è caricata positivamente e l'armatura *2* negativamente, comincia a scaricarsi. Gli elettroni superflui dell'armatura *2* e del filamento ritornano rispettivamente all'armatura *1* e alla griglia attraverso la bobina *A*. La griglia quindi diventa meno positiva per rapporto al filamento, cioè la loro differenza di potenziale diminuisce. Dunque la griglia attira meno fortemente gli elettroni e per conseguenza la corrente di placca degli elettroni diminuisce di intensità. Ma se questa corrente diminuisce, essa traversando la bobina *B* da *c* a *d* produce nella bobina *A* una corrente indotta che, questa volta, va da *a* a *b*. Questa corrente, è facile a vedere, aiuta la scarica del condensatore. Quando il condensatore sarà completamente scaricato, continuando gli elettroni il loro movimento dal filamento e dall'armatura *2* verso la griglia e l'armatura *1*, la griglia diventa ora negativa e il condensatore si ricarica in senso inverso, cioè l'armatura *1* diventa negativa e l'armatura *2* positiva. Siccome la griglia è ora negativa, la corrente anodica diminuisce ancora e finirà per scomparire o annullarsi completamente, mentre il condensatore si sarà caricato.

Siccome ora nessuna corrente traversa la bobina *B*, nessuna corrente indotta esiste in *A*. Niente impedisce dunque al condensatore di scaricarsi ed effettivamente ciò avviene con movimento di elettroni dall'armatura *1* verso l'armatura *2* e dalla griglia al filamento.

La griglia diventa dunque meno negativa e la corrente di placca o anodica ricomincia a circolare, ciò che produce di nuovo una corrente indotta nella bobina *A*, la quale corrente aumenta la scarica del condensatore.

Il condensatore si scaricherà completamente sino a

che non si avrà alcuna differenza di potenziale fra le sue placche come pure fra la griglia e il filamento. Nel medesimo tempo la corrente anodica aumenta e ci troviamo precisamente nella situazione primitiva quando abbiamo chiuso l'interruttore *I*, e il fenomeno che abbiamo descritto si ripeterà così, una, due... infinite volte.

Ripetiamo un po' più concisamente il ragionamento.

Al chiudere dell'interruttore, la corrente anodica, cominciando a passare, rende per induzione la griglia positiva, ciò che ha per risultato di aumentare la corrente anodica, ecc. e ciò sino a che questa corrente abbia raggiunto il suo punto di saturazione. Il condensatore, caricato dalla corrente indotta, si scarica; la griglia diventa sempre meno positiva e la corrente anodica diminuisce, mentre la corrente indotta accelera la scarica del condensatore. La griglia, da positiva, diventa a poco a poco negativa, la corrente anodica cessa e il condensatore, che si è caricato in senso opposto, si scarica, la corrente anodica aumenta, la griglia ridiventa positiva e tutto ricomincia.

Si vede che nel circuito di placca circola una corrente oscillante, cioè una corrente che da zero va al massimo poi ritorna a zero, e che nel circuito di griglia circola una corrente alternata, cioè una corrente la quale cambia periodicamente direzione.

Il tempo che impiega la corrente partendo da zero a crescere fino al massimo, poi a discendere sino a zero, poi a toccare il massimo in senso opposto e quindi ritornare di nuovo a zero, chiamasi periodo o ciclo della corrente alternata, come abbiamo già veduto.

Può sembrare a prima vista che il periodo o ciclo debba avere una durata di qualche importanza, almeno secondo l'apprezzamento che noi abbiamo del tempo. Diciamo subito che il periodo dipende dalle parti del circuito oscillante e cioè dalla capacità del condensatore e dall'induttanza della bobina. In un circuito eterodina, in cui vi sia una bobina di 200 spire e un

condensatore di 0,0005 microfarad, il periodo dura 6 milionesimi di secondo. Ciò è possibile in quanto che abbiamo già detto che gli elettroni sono quasi sprovvisti d'inerzia, e quindi possono cambiare molto rapidamente la direzione del loro movimento. Noi avremo dunque in un secondo (1: 0,000.000.6=1.666.667) 1.666.667 cicli o periodi. Abbiamo indicato che il numero di periodi per secondo si chiama frequenza; le frequenze superiori a 10.000 periodi sono chiamate alte frequenze e sono utilizzabili in radiotelegrafia e radiotelefonia.

Vediamo ora come possiamo effettivamente utilizzarle. Riprendiamo il nostro circuito eterodina e a lato delle due bobine *A* e *B* piazziamone una terza *T*, i cui capi verranno collegati uno colla terra e l'altro con un'antenna. Quando nella bobina *A* circola una corrente alternata ad alta frequenza, questa produce una corrente indotta nella bobina *T* e quindi nell'antenna. Ciò sembrerebbe impossibile in quanto l'antenna, la bobina *T* e la terra non costituiscono un circuito chiuso, quale p. es. indicato nella fig. 28 (a). Se noi però immaginiamo che le placche del condensatore si allontanino sempre più l'una dall'altra sino ad assumere la forma *c*, avremo ancora un circuito oscillante che per la sua speciale disposizione è chiamato circuito oscillante aperto di cui una delle placche del condensatore è formata dall'antenna stessa, l'altra dalla terra.

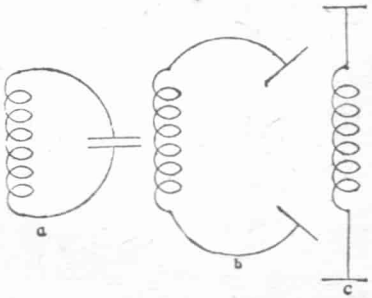
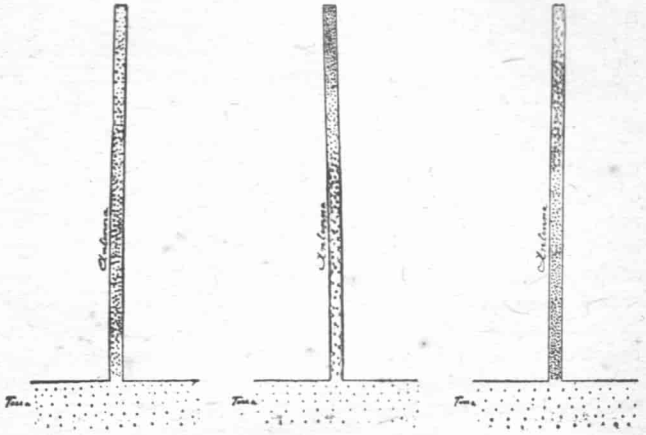


Fig. 28. - Passaggio schematico da un circuito chiuso a un circuito aperto.

Il movimento degli elettroni in detto circuito avviene in quanto essi si possono raccogliere, sia sulla parte più

alta dell'antenna rendendola negativa, sia nella terra rendendo l'antenna positiva.

Possiamo supporre che, quando non vi è nessuna corrente indotta, gli elettroni sono ugualmente e diremo normalmente distribuiti nell'antenna. La corrente alternata indotta a seconda della sua direzione li spinge alla sommità e alla base (terra) alternativamente. (Da notare che l'aumento di elettroni nella terra non può



Figg. 29-30-31. - Nessuna corrente percorre l'antenna. Gli elettroni sono egualmente distribuiti. — Una semionda di corrente alternata percorre l'antenna. Gli elettroni sono spinti (p.es.) verso l'alto. — La semionda seguente spinge gli elettroni verso la terra.

dare luogo ad alcun cambiamento di stato avuto riguardo all'immensità della Terra la quale contiene quindi una quantità immensamente grande di elettroni).

Aprendo e chiudendo l'interruttore *I*, che in questo caso prende la forma di un manipolatore telegrafico, a seconda della durata di chiusura avremo delle correnti alternate di durata diversa, generate nel circuito eterodina le quali produrranno delle correnti indotte nel

circuito aperto dell'antenna. Come abbiamo detto sin dal primo capitolo queste correnti indotte generano nell'etere delle vibrazioni che si propagano in ogni direzione sotto forma di onde elettromagnetiche o radio onde.

Le radio onde, che si propagano in ogni senso, incontrando l'antenna di una stazione ricevente vi genereranno correnti indotte che avranno le medesime caratteristiche e che potranno per mezzo di speciali apparecchi essere raccolte, intese o trascritte.

Se noi pensiamo ora che la diversa durata delle correnti possano essere limitate a due, e cioè correnti prolungate in confronto a correnti momentanee, alle quali conveniamo corrispondano linee e punti, avremo risolto il problema della trasmissione telegrafica secondo l'universalmente noto sistema Morse.

Lunghezza d'onda, frequenza e velocità di propagazione delle radio onde.

Dunque, come abbiamo già spiegato, durante un mezzo periodo della corrente alternata ad alta frequenza, gli elettroni si precipitano o in alto o in basso dell'antenna e il contrario avviene durante il susseguente mezzo periodo. Un'andata e un ritorno quindi di elettroni per ogni periodo della corrente, il qual movimento provoca nello spazio, intorno all'antenna, un'onda invisibile, che si propaga in ogni senso nel medesimo modo che gettando una pietra in uno stagno quest'onda si estende circolarmente tutt'intorno formando dei circoli concentrici di diametro sempre più grande. Si chiama lunghezza d'onda la distanza percorsa nello spazio dalla radio onda durante la durata di un intero periodo. La velocità di trasmissione di queste radio onde, invariabile e costante, è di 300.000.000 di metri per secondo; ne segue che la lunghezza d'onda e la frequenza com'è stata precedentemente definita sono legate da una relazione molto semplice.

Lo spazio percorso (300.000.000 di metri per secondo) è uguale alla lunghezza d'onda moltiplicata per la frequenza, da cui si deduce che la lunghezza d'onda è uguale a 300.000.000 diviso per la frequenza, e la frequenza è uguale a 300.000.000 diviso per la lunghezza d'onda.

Se le radio onde potessero essere rappresentate sotto la forma di onde liquide, la lunghezza d'onda sarebbe uguale alla distanza fra due creste contigue.

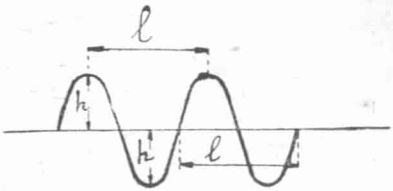


Fig. 32. - l = lunghezza d'onda; h = ampiezza. — Numero di oscillazioni per secondo = frequenza (f).

$$\text{Frequenza} = \frac{\text{velocità di propagazione}}{\text{lunghezza d'onda}}.$$

La lunghezza d'onda non ha alcuna importanza, quanto alla rapidità di trasmissione, poichè abbiamo visto che quest'ultima è uguale per qualunque lunghezza. Sembrerebbe dunque che tutte le stazioni trasmittenti potessero impiegare la medesima lunghezza d'onda, ma ciò non è possibile in quanto che allora tutti i segnali si confonderebbero fra loro e non si arriverebbe a capire più nulla; sarebbe come se tutti gli abbonati al telefono avessero un solo e medesimo numero. Il rimedio a questo stato di cose si trova appunto nella differenza della lunghezza d'onda. Vediamo intanto di ricordare come è possibile ottenere onde di diversa lunghezza.

Abbiamo visto come per mezzo di un circuito oscillante possiamo generare delle oscillazioni continue, le quali... ecc... ecc.

Abbiamo pure indicato che il periodo di queste oscillazioni dipende dalle parti del circuito oscillante che le

genera e cioè dalla capacità del condensatore e dall'induttanza della bobina che vi è inserita. Cosicchè variando opportunamente la capacità e l'induttanza ci sarà sempre possibile ottenere oscillazioni di vario periodo e quindi di frequenza diversa. Sappiamo inoltre come la lunghezza delle radio onde che si sprigionano dall'antenna dipendano dal periodo, cioè dalla frequenza delle oscillazioni del circuito oscillante; quindi il problema della variazione della lunghezza d'onda trova la sua soluzione nella variazione delle parti costitutive del circuito oscillante.

Non sarà difficile, per certe analogie, comprendere che in un circuito oscillante il condensatore impiegherà un tempo più lungo a scaricarsi e caricarsi quanto più grande sarà la sua capacità, e che la durata della corrente indotta nella bobina sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà l'induttanza della bobina. In definitiva dunque il periodo di oscillazione di un circuito oscillante sarà tanto più grande quanto maggiori saranno o la capacità o l'induttanza delle sue parti componenti.

D'altra parte abbiamo veduto come l'antenna, che è l'organo dal quale dipende l'emissione delle radio onde, costituisca pure un circuito oscillante, nel quale l'induttanza e la capacità dipendono principalmente dalla sua lunghezza. In conseguenza, per ottenere diverse lunghezze d'onda, basterebbe poter utilizzare delle antenne più o meno grandi. Prima però di esaminare in che modo si può ottenere una variazione della lunghezza dell'antenna, precisiamo che la durata del periodo non varia in proporzione aritmetica col variare della capacità o dell'induttanza del circuito, ma in ragione geometrica, e cioè, se la capacità o l'induttanza diventano quattro o nove volte più grandi, il periodo (e quindi la lunghezza d'onda) diventa solamente doppio o triplo. Quindi se l'induttanza viene ridotta di metà occorre che la capacità sia raddoppiata per mantenere il medesimo periodo. Parimenti raddoppiando la capacità e riducendo a un quarto l'induttanza, il periodo diminuirà

ma aumenterà se p. es. aumentiamo l'induttanza al quadruplo o diminuiamo la capacità alla metà.

Riassumendo, per variare il periodo di un circuito oscillante potremo a volontà utilizzare due mezzi: o cambiare la capacità o cambiare l'induttanza.

INDUTTANZE VARIABILI.

Variazioni di capacità si possono ottenere coll'impiego di condensatori variabili che abbiamo già descritti; ci soffermeremo quindi maggiormente sul modo di ottenere variazioni di induttanza.

L'induttanza di una bobina dipende in primo luogo

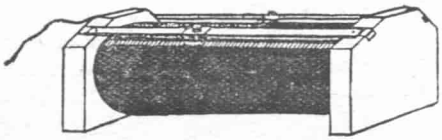


Fig. 33. - Bobina cilindrica a corsoio.

dal diametro delle sue spire. Infatti siccome il fenomeno d'induzione consiste precisamente nell'influenza reciproca delle spire della medesima bobina, più queste spire saranno grandi e più grande sarà l'intensità del fenomeno. Da quanto abbiamo detto è quasi intuitivo che anche il numero delle spire è in rapporto diretto con questa intensità e così pure la loro vicinanza.

Dunque una bobina possederà un'induttanza tanto maggiore quanto maggiore sarà il suo diametro, maggiore il numero delle spire e maggiormente avvicinate. Per variare quindi l'induttanza basterà agire su uno o l'altro di questi fattori. Però vediamo immediatamente che difficilmente potremo variare il diametro di una bobina già costruita o la distanza fra le sue spire, quindi non ci rimane che agire sul numero delle spire. In pratica una bobina variabile si può ottenere col metodo del corsoio, come rappresentato dalla fig. 33. Sopra

una bobina cilindrica, a un solo strato di spire elettricamente isolate, si muove un corsoio guidato da una asticella metallica. Il corsoio è munito di una molla che mantiene il contatto sulle spire. Questo contatto avviene secondo una retta in corrispondenza dell'asticella metallica. Lungo il percorso del corsoio le spire saranno state spogliate dalla materia isolante, naturalmente. Se il corsoio è collegato con un conduttore, la corrente elettrica entrando da un capo della bobina (l'altro capo della bobina essendo isolato) uscirà attraverso il corsoio e siccome questo può essere spostato a volontà lungo l'asticella metallica così il passaggio della corrente avverrà a traverso un numero più o meno grande di spire. Per ottenere un'induttanza ab-

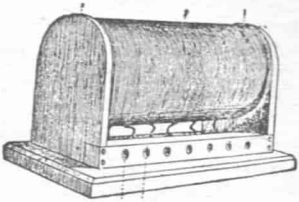


Fig. 34. - Bobina a prese intermedie.

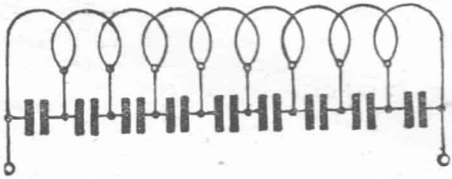


Fig. 35. - Schema rappresentativo della capacità di una bobina, che viene indicata come un piccolo condensatore, quale viene formato dalla corrente che percorre due spire consecutive e dall'isolante che separa le spire.

bastanza grande con bobine di questo genere a un solo strato di spire, si arriverebbe però in molti casi ad una lunghezza esagerata e allora vengono preferite le bobine a più strati di spire, nel qual caso naturalmente non si può più impiegare il corsoio e si ricorre invece ad un altro artificio.

La bobina viene suddivisa in parecchie parti, le quali fanno capo ciascuna a una presa. Una spina di contatto, inserita in una presa, permette di utilizzare una parte più o meno grande della bobina.

In questo secondo caso la variazione dell'induttanza viene eseguita per sbalzi, mentre che col metodo del corsoio la variazione è ugualmente a sbalzi ma più rego-

Fig. 36. - Bobina a nido d'api.

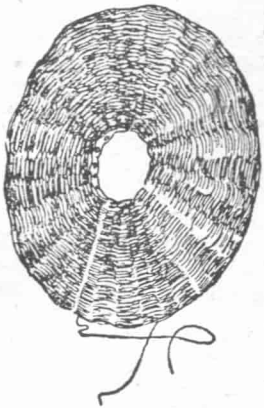


Fig. 37. - Bobina a fondo di paniere.

lare e lo sbalzo è ridotto a quello che intercorre fra due spire.

E qui cade in acconcio di indicare una proprietà delle bobine. Abbiamo sinora individuato la capacità come prerogativa unica e sola dei condensatori e l'induttanza come prerogativa unica e sola delle bobine, ma in realtà ciò non è in quanto che ogni bobina ha una certa capacità che in questo caso viene chiamata capacità propria della bobina. Ciò si spiega se noi riflettiamo che due spire contigue di una bobina possono venire considerate come due placche di un piccolo condensatore la cui su-

perficie è limitata alla superficie del filo che si fronteggia nelle spire considerate.

Dunque piccola capacità ma esistente, e la somma di tutte queste piccole capacità, è tutt'altro che trascurabile.

Ne risulta che una bobina costituisce di per se stessa un circuito oscillante, e che quindi ha un periodo proprio di oscillazione. Quindi un circuito comprendente una bobina e un condensatore variabile non potrà mai essere sede di una corrente con un periodo più piccolo del periodo proprio di oscillazione, anche ammesso di ridurre a zero la capacità del condensatore variabile.

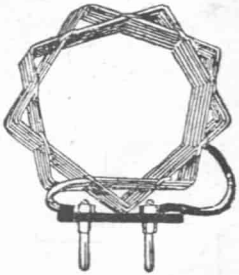


Fig. 38. - Bobina a fianco di paniere.

Per esempio una bobina di 250 spire con un condensatore di 0.0005 microfarad, formerà un circuito oscillante il cui periodo potrà variare da 0, 000 005 a 0,000 002 di secondo, ma non meno. Seguendo quanto detto precedentemente le lunghezze di onda corrispondenti a questi periodi saranno rispettivamente di 1500 e 1600 metri a cui corrisponderanno le frequenze di 200.000 e 500.000 cicli rispettivamente.

Per ottenere una variazione del periodo entro certi limiti quando ciò non sia possibile altrimenti, come vedremo, si adoperano delle bobine intercambiabili che hanno la forma indicata nelle figure 36 e 38.

D'altra parte era naturale che si ricercassero i mezzi per diminuire la capacità propria delle bobine e a ciò si è pervenuti con diversi accorgimenti che tutti si basano sul medesimo principio. Sappiamo che in un condensatore, aumentando la distanza fra le armature, la capacità diminuisce: questo medesimo effetto si otterrà in una bobina allontanando quanto più è possibile le

spire fra loro, o per meglio dire interponendo uno spessore d'aria più grande.

Questo principio ha dato origine alla costruzione di bobine di diverse forme, quali a fondo e a fianco di paniere, a nido d'api, ecc., come illustrato nelle figure 36-37-38.

Ciò malgrado, tutte queste bobine conservano ugualmente una piccola capacità propria.

Il variometro.

La soluzione intravista nel capitolo precedente, per ottenere una variazione della induttanza del circuito, non è delle più soddisfacenti; era quindi logico che si cercasse di ottenere un mezzo il quale potesse fornire la possibilità di variare l'induttanza facilmente e pro-

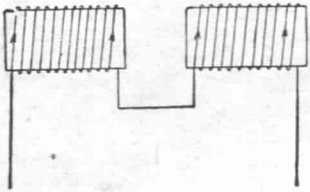


Fig. 39

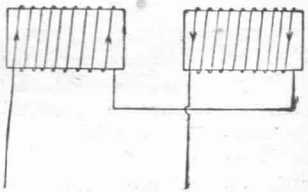


Fig. 40

gressivamente come nel campo della capacità si è pervenuti a fare coll'impiego del condensatore variabile. L'apparecchio che risponde a questi requisiti è il variometro, di cui cercheremo di dimostrare il principio.

Prendiamo due bobine riunite come indica la fig. 39 in modo che esse si possano immaginare come le due parti della medesima bobina (la direzione delle spire nel rocchetto è per entrambe nel medesimo senso).

Se la distanza fra esse è abbastanza grande per non influenzarsi reciprocamente, si può ritenere che l'induzione del complesso sia uguale alla somma delle autoinduzioni di ciascuna bobina, ma a misura che la di-

stanza diminuisce, l'induzione del complesso viene aumentata per effetto dell'induzione reciproca (chiamata mutua induzione).

D'altra parte le due bobine potrebbero essere disposte pure l'una di seguito all'altra ma in modo che la direzione delle spire nei rocchetti risulti di senso contrario (fig. 40). Ora ricordando il fenomeno d'induzione il quale brevemente si può riassumere così: « una corrente aumentando in una spira fa nascere nella spira

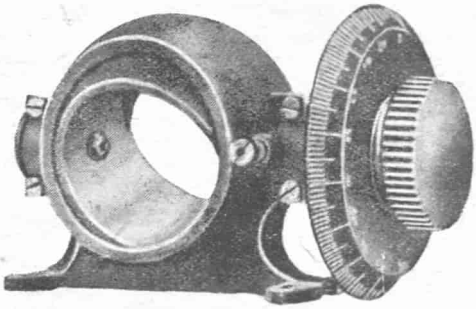


Fig. 41. — Variometro. Si compone di due bobine collegate in serie e accoppiate induttivamente, di cui una è fissa e l'altra può girare entro la prima.

vicina una corrente indotta di direzione contraria, la quale ritarda l'aumentare della corrente primitiva, mentre quando la corrente diminuisce essa induce nelle spire vicine una corrente del medesimo senso la quale ne ritarda la diminuzione », ne dedurremo facilmente che in questo caso siccome nella seconda bobina la corrente circola in senso contrario, tutto quanto detto sopra sarà invertito col risultato che quando le bobine saranno sufficientemente lontane l'una dall'altra l'induzione del complesso sarà uguale alla somma delle induzioni di ciascuna bobina, ma a misura che la distanza diminuisce l'induzione del complesso viene diminuita

per effetto che l'induzione reciproca agisce in senso contrario della autoinduzione.

Il variometro è appunto basato su questo principio: due bobine riunite in serie (una di seguito all'altra) la cui posizione reciproca può essere modificata a volontà. Quando le spire hanno la medesima direzione, l'autoinduzione del variometro è massima; quando invece le spire hanno senso contrario, l'autoinduzione è minima. Fra queste due posizioni estreme, l'autoinduzione varia in modo costante e può toccare tutti i valori dal massimo al minimo. Una disposizione felice, che viene realizzata nella costruzione dei variometri, è quella in cui una delle bobine gira nell'interno dell'altra intorno ad un asse comandato da una manopola.

E con questo noi conosciamo il modo di poter variare sia l'autoinduzione sia la capacità in un circuito oscillante, il che ci permetterà di accordarlo su qualunque frequenza.

Spiegheremo poi la maniera di accordare un circuito su diversa frequenza; per ora diremo solo che le stazioni emittenti hanno il loro circuito accordato su una frequenza ben definita e che non varia: sarebbe press'a poco come il numero di un abbonato al telefono, il quale numero non cambia e lo si trova nella guida telefonica, mentre le stazioni riceventi hanno il bisogno di doversi accordare sulle diverse frequenze utilizzate dalle stazioni trasmittenti colle quali esse vogliono mettersi in comunicazione, press'a poco come un abbonato del telefono deve comporre sul combinatore il numero col quale intende parlare.

V.

LA TRASMISSIONE E LA RICEZIONE RADIOFONICA.

TRASMISSIONE.

Come funziona una stazione radiofonica?

Abbiamo detto « radiofonica »: ciò implica la trasmissione e la ricezione di suoni e non di segnali come si

usano in radiotelegrafia. Studiando i primi elementi di fisica, e più specialmente nella parte che tratta l'acustica, s'impara che i suoni non sono che vibrazioni dell'aria, le quali si propagano sotto forma di onde. Una molecola d'aria vibra con un movimento alternato di frequenza diversa a seconda della tonalità del suono; la frequenza delle vibrazioni sonore dipende dunque dall'altezza del suono. La più grande frequenza del-

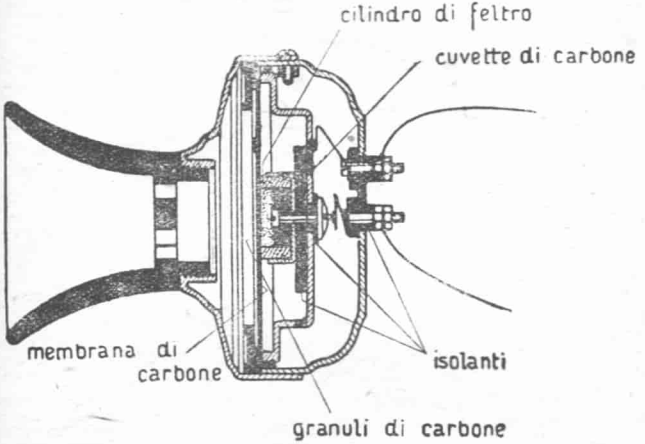


Fig. 42. - Microfono.

l'onda sonora è però di molto inferiore alla frequenza delle correnti radio. D'altra parte il nostro orecchio non può percepire che suoni la cui frequenza varia da un minimo di 16 a un massimo di 20/30.000 periodi per secondo ma praticamente possiamo ammettere che i suoni udibili siano compresi fra 30 e 5000 periodi. Per poter trasmettere i suoni basterà poter tradurre le onde sonore in onde elettriche. Questa funzione è assicurata da un apparecchio chiamato microfono, il quale consta nelle sue parti fondamentali di una lamina sottile

elastica chiamata membrana, la quale chiude un piccolo serbatoio contenente della polvere di carbone, che è normalmente attraversata da una corrente elettrica. La resistenza elettrica di questa polvere varia a seconda della pressione che la membrana esercita su di essa. Parlando davanti a questo apparecchio le onde sonore, che,

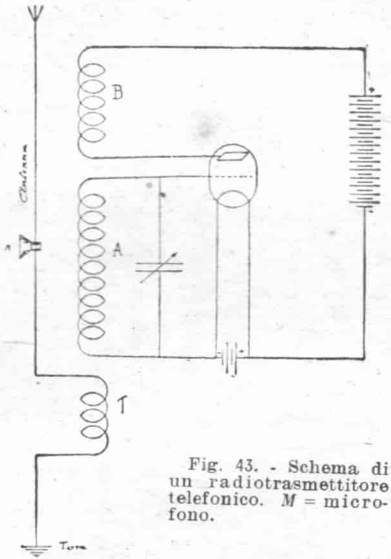


Fig. 43. - Schema di un radiotrasmettitore telefonico. *M* = microfono.

come sappiamo, sono prodotte dalla voce, fanno vibrare la membrana la quale si applicherà più o meno fortemente sui grani di polvere di carbone. Come conseguenza la corrente elettrica che attraversa la polvere, incontrando una resistenza variabile, subirà delle variazioni d'intensità le quali riprodurranno fedelmente le vibrazioni della parola. Ciò che abbiamo detto per la parola vale naturalmente per qualunque suono.

MODULAZIONE.

Se noi introduciamo un microfono in un circuito d'antenna di una stazione trasmittente radiofonica, le variazioni di resistenza del microfono (dovute alle onde sonore, le quali, comparativamente molto meno rapide in confronto delle oscillazioni ad alta frequenza dei circuiti oscillanti, sono chiamate a bassa frequenza) vengono a sovrapporsi alla resistenza normale e propria

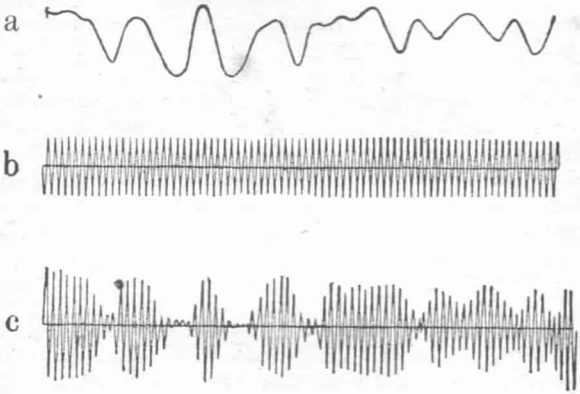


Fig. 44. - Rappresentazione grafica del fenomeno della modulazione: *a*) variazione di resistenza dovuta al microfono; *b*) oscillazione alta frequenza; *c*) corrente modulata.

dell'antenna col risultato di indebolire più o meno le oscillazioni della corrente ad alta frequenza che percorre normalmente l'antenna.

In linguaggio tecnico si dice che le oscillazioni sonore di bassa frequenza *modulano* le correnti di alta frequenza. Il principio dell'emissione radiofonica è così chiarito. In realtà però, siccome la resistenza del microfono introdotto nel circuito d'antenna disturberebbe troppo la sua emissione, si utilizzano altri metodi quali p. es. di far agire il microfono direttamente nell'an-

tenna disponendolo in serie con una bobina che colla sua induzione influisca sulla bobina *A* (fig. 43), e altri ancora la cui spiegazione ci condurrebbe oltre lo scopo che ci siamo prefissi che è solamente quello di chiarire i principî elementari della radiotelefonia.

La figura 44 riprodotta a pag. 55, fornisce una spiegazione geometrica del fenomeno della modulazione.

In *b* abbiamo la sinusoide che rappresenta la corrente ad alta frequenza prodotta dal circuito oscillante.

In *a* la variazione di resistenza dovuta al microfono, variazione che segue naturalmente la frequenza dei suoni emessi.

Questa variazione di resistenza fa variare l'intensità di corrente ad alta frequenza del circuito oscillante la quale assumerà la forma *c*, che è appunto la corrente modulata.

Abbiamo esaminato il meccanismo della trasmissione radiofonica, ma prima di passare alla ricezione è necessario avere una chiara idea del fenomeno di risonanza.

La risonanza.

In generale si dice che un sistema oscillante risuona ogni volta che, sotto l'influenza di oscillazioni aventi un periodo uguale al periodo proprio di oscillazione del sistema, questo diventa la sede di oscillazioni di grande ampiezza. Un'altalena, per es., riceve un primo impulso e oscilla lentamente, ma se noi le forniamo un secondo impulso nel momento e nella direzione voluta, l'ampiezza del movimento aumenta e se questi impulsi saranno ritmici, l'ampiezza del movimento può divenire molto grande anche se l'impulso è piccolo. La sola condizione necessaria è che gli impulsi siano forniti concordemente al periodo proprio delle oscillazioni dell'altalena.

Un ponte sospeso oscilla molto leggermente quando una colonna di soldati lo attraversa in ordine sparso, ma se la truppa prende il passo in cadenza con un ritmo

uguale al periodo d'oscillazione proprio del ponte, il fenomeno di risonanza fa sentire i suoi effetti e le oscillazioni del ponte possono diventare talmente grandi da compromettere la sua stabilità.

Nel medesimo modo, se noi avviciniamo la bobina di

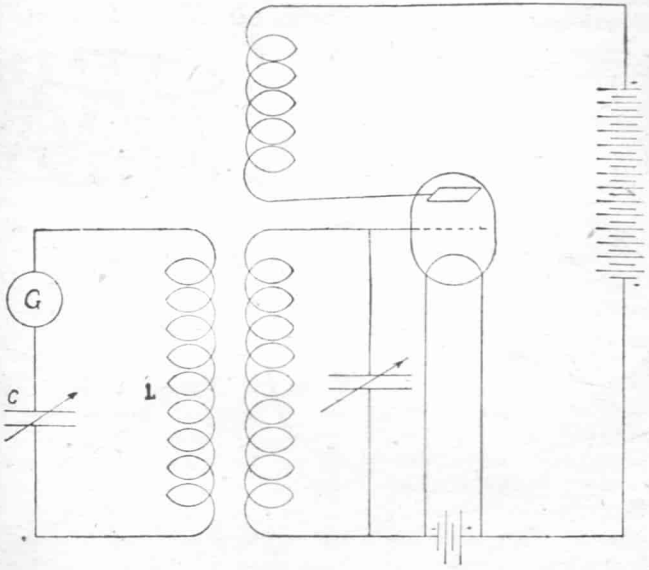


Fig. 45. - Fenomeno di risonanza. — Quando un circuito oscillante viene accoppiato col circuito di un'eterodina e viene manovrato il condensatore variabile *C*, si può constatare, per mezzo di uno strumento di misura *G*, che la corrente che lo attraversa è massima quando il circuito oscillante è accordato sulla frequenza dell'eterodina.

un circuito oscillante alla bobina di un'eterodina, per effetto dell'induzione fra le due bobine si produrrà nel circuito oscillante una corrente alternata della medesima frequenza. (In realtà il fenomeno che vi si produce è un po' più complesso, ma per non complicare troppo

la spiegazione ammettiamo che le cose siano così): Se il circuito oscillante accoppiato con l'eterodina è accordato su di una frequenza diversa da quella dell'eterodina, le oscillazioni del circuito oscillante saranno molto deboli, e noi diremo che queste oscillazioni sono forzate.

Però quanto meno la frequenza del circuito oscillante

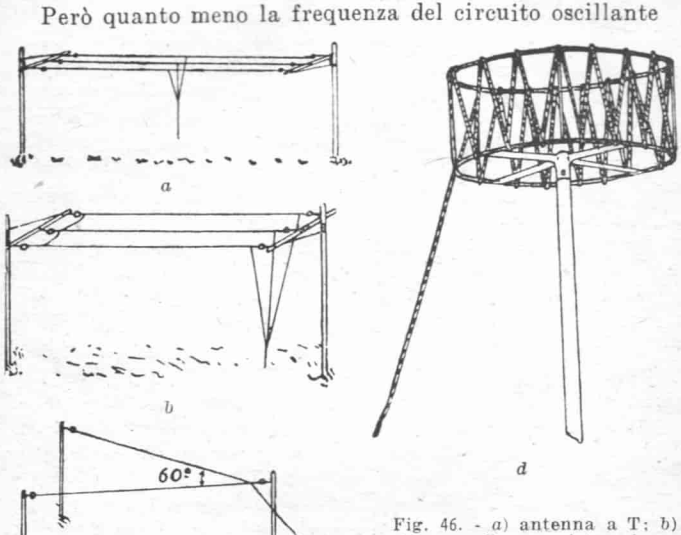


Fig. 46. - *a*) antenna a T; *b*) antenna a L rovesciata; *c*) antenna a V; *d*) antenna a paniere.

diversificherà da quella dell'eterodina, tanto più le oscillazioni nel circuito oscillante saranno forti, e se il circuito oscillante è accordato sulla medesima frequenza dell'eterodina, allora le oscillazioni saranno molto forti e raggiungeranno il massimo. (In teoria si dimostra che se non vi fossero delle perdite di energia dovute alla resistenza e altre cause, le oscillazioni andrebbero sem-

pre più aumentando e la corrente crescerebbe sino all'infinito).

Dunque si dice che vi è risonanza fra due circuiti elettrici accoppiati quando essi sono accordati sulla medesima frequenza; il fenomeno di risonanza assume una importanza di prim'ordine nella tecnica della radio.

In uno dei primi capitoli, esponendo i principî fondamentali della radio, abbiamo detto che quando una corrente ad alta frequenza provoca nell'etere delle onde elettromagnetiche o radio onde, queste propagandosi nello spazio e incontrando un'antenna ricevente, fanno nascere in quest'ultima una corrente alternata della medesima specie, ma tanto più debole quanto più grande è la distanza dell'antenna ricevente dal punto di emissione delle onde.

Abbiamo già veduto come un'antenna può considerarsi come un circuito oscillante aperto, e, per meglio chiarire, aggiungeremo a quanto già detto che anche un filo rettilineo possiede una certa autoinduzione in quanto che ogni piccolo tratto agisce sul seguente. Inoltre, come le antenne sono formate da uno o più fili orizzontali, l'insieme di questi fili da una parte e la terra dall'altra, costituiscono le placche di un condensatore, che è quanto dire che conferiscono al sistema una certa capacità.

Possiamo poi aumentare la capacità propria dell'antenna, aggiungendo dei fili supplementari e distribuendoli in vario modo, ottenendo così diverse disposizioni alle quali per similitudine è stato dato il nome di antenna a *T*, a *L* rovesciato, a *V*, a paniere, come si vede nelle figure 46.

È bene ritenere che le onde elettromagnetiche non agiscono che sulla parte verticale dell'antenna, non avendo le parti orizzontali altro effetto che di aumentare la capacità.

Abbiamo pure veduto come gli elettroni si spostino lungo l'antenna, come abbiano luogo le oscillazioni, ecc.; nel caso presente il fenomeno si produce in senso in-

verso di quello già descritto, cioè sono le radio onde che generano nell'antenna delle correnti alternate.

Questa corrente però è estremamente debole, ma se l'antenna si trova ad essere in risonanza con la stazione di emissione essa sarà molto più forte, subendo per questo fatto quell'ampliamento che abbiamo ultimamente descritto.

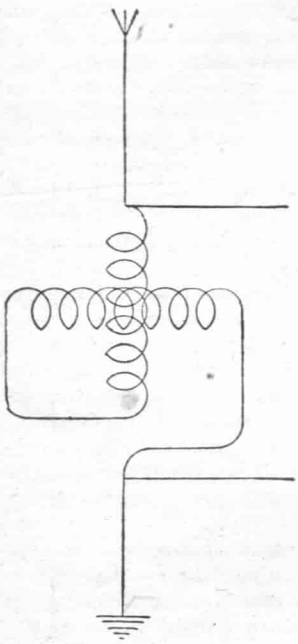


Fig. 47. - Accordo d'antenna per mezzo del variometro.

Per avere un'idea della grandezza di questa corrente amplificata poniamo mente che in una antenna media, alla distanza di 100 km. da una stazione di emissione di media potenza, essa avrebbe presso a poco un'intensità di 5 microampère, cioè 5 milionesimi d'ampère.

Una tale corrente è impercettibile e per constatare la sua esistenza è necessario usare apparecchi sensibilissimi, che in questo caso prendono il nome di « rivelatori », di cui parleremo al momento opportuno.

Abbiamo veduto come negli apparecchi riceventi sia necessario poter accordare il circuito d'antenna con la frequenza dell'onda emessa dalla stazione che si vuol ricevere.

Da quanto è stato precedentemente descritto è facile comprendere come ciò possa aver luogo intercalando un variometro nell'antenna. In questo caso la autoindu-

zione del sistema sarà uguale alla somma della autoinduzione propria dell'antenna e del variometro, e sic-

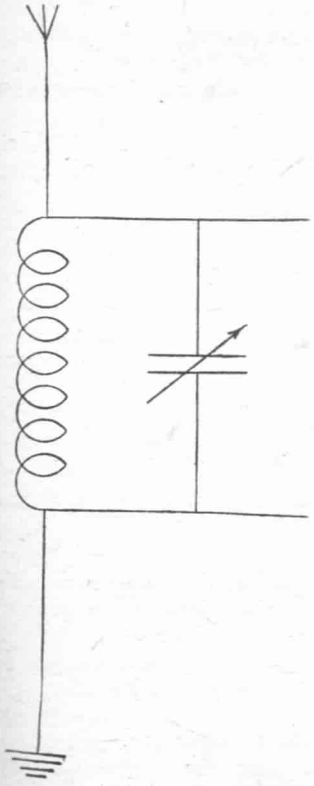


Fig. 48. - Accordo d'antenna per mezzo di un condensatore in parallelo colla bobina d'accordo.

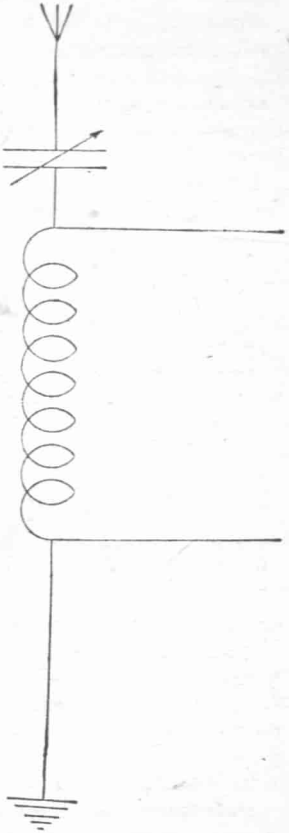


Fig. 49. - Accordo d'antenna per mezzo di un condensatore in serie colla bobina d'accordo.

come l'induttanza nel variometro si può variare, così potremo accordare l'antenna su diverse lunghezze di onda.

Possiamo pure, ed è il metodo maggiormente impiegato, intercalare nell'antenna un circuito oscillante, la cui capacità e induttanza s'aggiungeranno a quelle dell'antenna propriamente detta e l'accordo potrà avvenire per mezzo del condensatore variabile del circuito oscillante.

Frequentemente si intercalano nell'antenna in serie (cioè l'uno dopo l'altro) un condensatore variabile e una

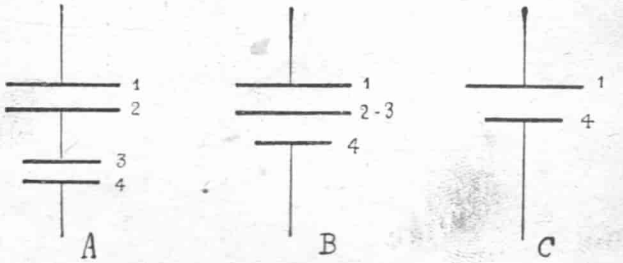


Fig. 50. - La capacità di due condensatori in serie è minore della capacità del più piccolo dei due.

bobina. In questo caso la capacità del condensatore variabile diminuisce la capacità comune del sistema e questo merita una parola di spiegazione.

La capacità di due condensatori in serie è generalmente più piccola della capacità del condensatore più piccolo.

Prendiamo due condensatori in serie (fig. 50).

Dall'esame del disegno vediamo che le placche 2 e 3 possono essere sostituite da una sola (fig. B), ma poichè questa placca è senza effetto, si può quindi sopprimerla.

Si perviene così alla fig. C, che rappresenta un con-

densatore le cui placche disuguali sono poste a grande distanza. È facile capire, se ci riportiamo a quanto detto a suo tempo, che la capacità del condensatore risultante debba essere minore di quella del più piccolo dei due condensatori.

Vi sono pure altri metodi per poter accordare una antenna, ma ci limiteremo a quelli elencati, per passare a esaminare che cosa s'intende per selettività di un apparecchio ricevente.

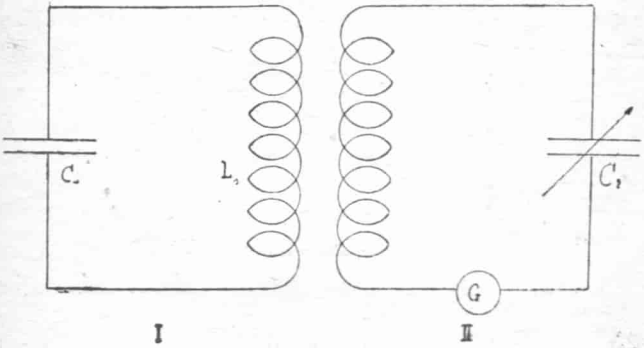


Fig. 51.

Accade spesso che, pur avendo accordata l'antenna su di una data lunghezza d'onda, si intenda, oltre la stazione corrispondente, un'altra stazione.

Questo fenomeno avviene quando la risonanza dell'antenna non è troppo acuta, per cui una stazione la quale abbia una lunghezza d'onda non troppo diversa da quella sulla quale è accordata l'antenna, provoca egualmente una corrente nell'antenna. In questo caso si dice che l'apparecchio è poco selettivo.

Per comprendere bene quanto sopra detto, vediamo di

stringere più da vicino i fenomeni di risonanza prodotti dalle oscillazioni elettriche.

Si dice che due circuiti oscillanti I e II sono accoppiati quando sono disposti in modo che le oscillazioni create con un procedimento qualunque nel circuito I generano delle oscillazioni nel circuito II. Se queste oscillazioni del circuito II reagiscono a loro volta nel circuito I, l'accoppiamento è detto stretto. Se, al contrario, le oscillazioni del circuito II non hanno azione

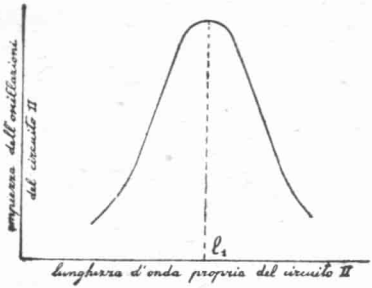


Fig. 52.

apprezzabile nel circuito I, l'accoppiamento è detto lasco.

Supponiamo ora che i due circuiti oscillanti (fig. 51) siano disposti in maniera che l'accoppiamento sia lasco e facciamo variare la frequenza propria del circuito II, o, ciò che fa lo stesso, la sua lunghezza d'onda l_2, agendo sul condensatore variabile C_2; l'amperometro A, intercalato nel circuito II permette, quando il circuito I è sede di oscillazioni di lunghezza determinata l_1, di notare i diversi valori dell'ampiezza delle oscillazioni indotte nel circuito I, corrispondenti ai valori successivi dati alla lunghezza propria dell'onda l_2 del circuito II.

Si può constatare così che l'ampiezza delle oscillazioni

nel circuito II, molto debole quando l_2 è molto differente da l_1, passa per un massimo quando l_2 diventa uguale a l_1, per poi diminuire mano mano che l_2 s'allontana da l_1.

Questi risultati possono essere rappresentati dalla

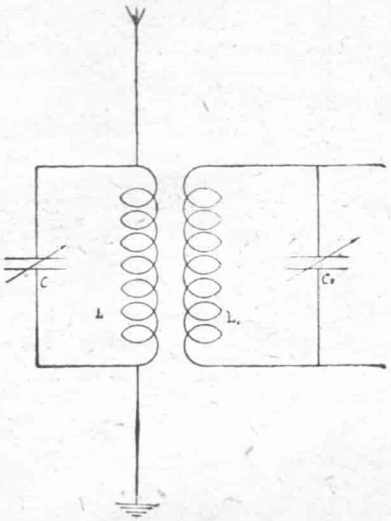


Fig. 53. - Circuito d'accordo con accoppiamento induttivo fra il circuito d'antenna e il circuito oscillante.

curva della fig. 52, chiamata curva di risonanza, che dà le variazioni dell'ampiezza delle oscillazioni nel circuito I in funzione della lunghezza d'onda propria di questo circuito. Questa curva indica nettamente che l'azione di I su II è massima quando la lunghezza d'onda propria dei due circuiti è la stessa. Si dice allora che i

due circuiti sono in risonanza, o che i due circuiti sono sintonizzati o accordati.

La risonanza è detta acuta, quando il massimo d'am-

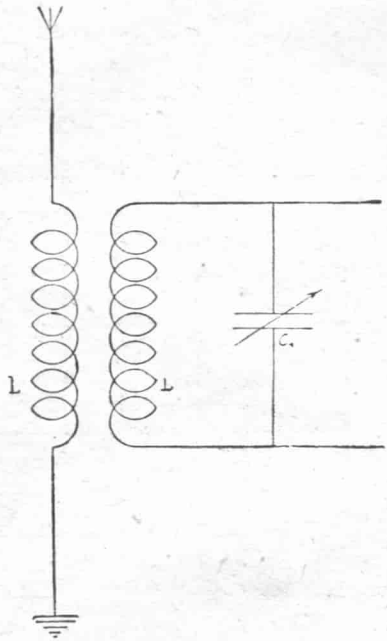


Fig. 54. - Dispositivo d'accordo con antenna non accordata.

piezza ha luogo per un valore ben determinato della lunghezza d'onda propria del circuito II, con diminuzione molto brusca da una parte e dall'altra di questo valore. Una piccola variazione di questa lunghezza d'onda, a partire dall'accordo, fa allora scomparire quasi

completamente le oscillazioni indotte. Nel caso contrario la risonanza è detta piatta.

Per migliorare la selettività quando la risonanza dell'antenna è piatta, bisogna usare un sistema d'accordo più complicato. Possiamo, p. es., accoppiare con la bobina del circuito d'antenna la bobina di un altro circuito d'accordo, il quale viene pure accordato sull'onda che si vuole ricevere. Per induzione, una corrente ad alta frequenza appare nel circuito L_1 C_1. Più si allontana la bobina L_1 dalla bobina L, e più la risonanza di L_1 diventa acuta. Infatti, diminuendo così l'accoppiamento induttivo fra le bobine, non si lascia passare nel circuito L_1 C_1 che le oscillazioni più intense del circuito L C. Dunque anche se onde diverse influenzano il circuito d'antenna L C, il circuito L_1 C_1 non lascerà passare che quelle sulle quali è accordato.

Viene di conseguenza di pensare che si potrebbe benissimo non accordare affatto il circuito d'antenna; in questo caso tutte le onde influenzano più o meno debolmente l'antenna, ma il circuito accordato permetterà di scegliere fra tutte quella sola che si desidera ricevere. Questa disposizione è molto usata ed è principalmente utile quando l'antenna possiede una resistenza relativamente grande per le correnti ad alta frequenza , in quanto che un'antenna di questo genere, che si distingue chiamandola antenna ammortita, anche se accordata, sarebbe poco selettiva.

Ricezione.

Abbiamo appreso come captare le correnti che le radio onde generano nell'antenna: si tratta ora di vedere come si possono utilizzare perchè esse producano dei suoni intelligibili ai nostri orecchi. A questo scopo si potrebbe pensare di utilizzare in senso inverso l'apparecchio che ci ha servito per trasformare le variazioni

acustiche in variazioni della corrente alternata ad alta frequenza e che abbiamo chiamato microfono.

Diremo subito che un simile apparecchio non è reversibile nel senso che fornendogli una corrente variabile non riproduce i suoni. Occorre dunque servirsi di un al-

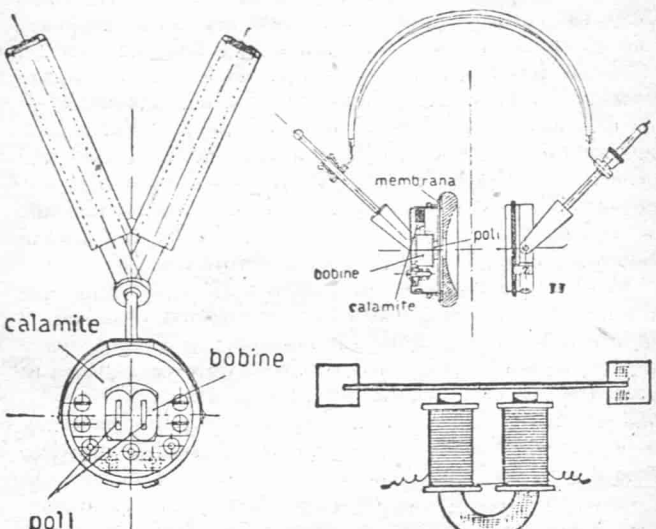


Fig. 55. - I. e II. Ricevitore telefonico (cuffia); III. Rappresentazione schematica di un ricevitore telefonico.

tro apparecchio quale viene usato nei comuni telefoni e che si chiama ricevitore.

Un ricevitore si compone essenzialmente di un magnete (una calamita), sulle estremità polari del quale sono avvolte due piccole bobine collegate in serie. Di fronte a dette estremità polari ed a piccolissima distanza

è disposta una lamina circolare di ferro dolce molto sottile. Questa lamina, incastrata nella calotta che chiude l'apparecchio, prende un movimento vibratorio che segue fedelmente le variazioni d'intensità della corrente che percorre le bobine dell'elettro-calamita (così chiamasi l'insieme del magnete e della bobina). Ciò avviene in quanto questa corrente modifica la magnetizzazione del magnete e per conseguenza l'attrazione della laminetta di ferro. Le vibrazioni della laminetta si trasmettono all'aria e da questa al nostro orecchio.

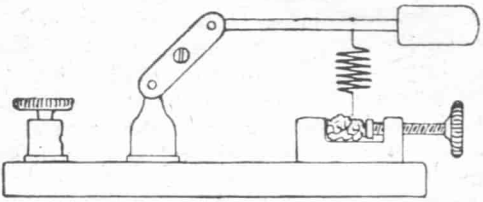


Fig. 56. - Rivelatore a cristallo.

Sembrerebbe dunque, che facendo passare in un ricevitore la corrente alternata ad alta frequenza quale circola nell'antenna e provocata come sappiamo, dovessimo udire i suoni trasmessi dalla stazione trasmittente.

Disgraziatamente non è così. Prima di tutto abbiamo già detto che l'orecchio umano non percepisce affatto i suoni la cui frequenza supera i 30.000 periodi per secondo; in secondo luogo la membrana o diaframma (così chiamasi la laminetta vibrante), quantunque sottilissima, possiede una certa inerzia che le impedisce di seguire vibrazioni così rapide come quelle dovute alle correnti ad alta frequenza; e, se questo non bastasse, aggiungeremo che la corrente ad alta frequenza non perverrebbe neppure a passare a traverso le bobine dell'elettro calamita. (Infatti la presenza di un nucleo di

ferro aumenta di molto l'autoinduzione della bobina, la quale, abbiamo già detto, è paragonabile all'inerzia; quindi nel medesimo modo che degli urti alternati troppo frequenti non possono mettere in movimento un pesante pendolo, così tensioni alternative troppo frequenti applicate ad una bobina non possono provocare il movimento degli elettroni).

Occorre dunque agire altrimenti. Ricorderemo che la corrente che si sposta nell'antenna della stazione emittente si compone di due variazioni sovrapposte, e cioè la corrente ad alta frequenza generata dal circuito eterodina e la modulazione in bassa frequenza dovuta alla variazione di resistenza del microfono. La corrente risultante dalla superposizione di queste due variabili avrà una forma più o meno complicata, si tratta però in fondo di una corrente ad alta frequenza in cui, invece di essere di ampiezza costante, ogni periodo ha una ampiezza diversa dal precedente. Quello che a noi interessa e che potremo trasformare in suono è appunto la componente in bassa frequenza.

A che cosa serve dunque la componente in alta frequenza? La sua funzione è importantissima in quanto essa sola può creare le onde elettromagnetiche o radio onde capaci di percorrere lo spazio. Essa serve infatti di veicolo alla componente in bassa frequenza (la quale da sola non farebbe molta strada) e si chiama onda portante.

Occorre quindi separare dall'insieme la parte di corrente acustica in bassa frequenza per dirigerla verso il ricevitore telefonico.

A questa operazione presiede l'apparecchio che va sotto il nome di rivelatore.

Rivelazione.

Il più semplice dei rivelatori è formato da una punta metallica appoggiata sopra un cristallo di galena (sol-

furo di piombo cristallizzato) stretto fra un'armatura metallica. Questo rivelatore produce sulla corrente alternata l'effetto di una valvola, gli elettroni passano in una sola direzione, per esempio dalla punta di metallo alla galena, e sono quasi completamente fermati nel

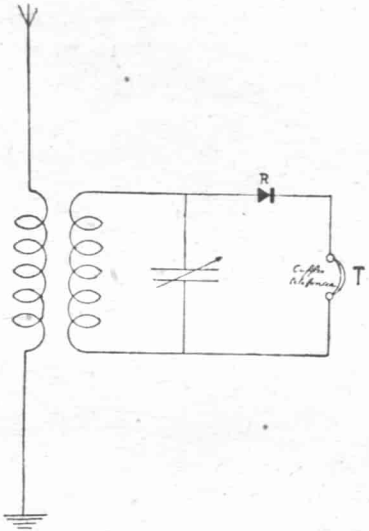


Fig. 57. - Schema di un ricevitore con rivelatore a galena.

senso contrario. (Le cause di questo fenomeno sono ancora poco conosciute).

Per comprendere il funzionamento di un rivelatore ci aiuteremo con lo schema (fig. 57) di un ricevitore semplice a galena. Il rivelatore *R* è riunito in serie col telefono *T*. La corrente di alta frequenza (fig. 58 *a*), captata dall'antenna e amplificata nel circuito oscillante,

non può attraversare il rivelatore che in un senso (figura 58 *b*).

Si dice che detta corrente è rivelata per mezzo del cristallo; essa arriva al ricevitore telefonico con un unico senso.

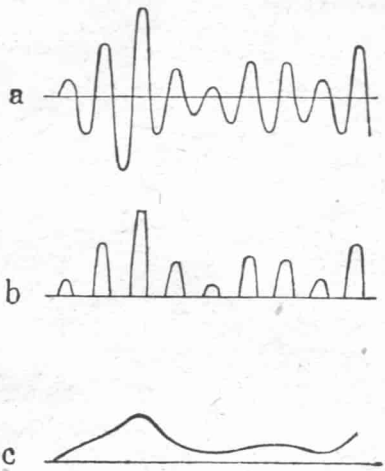


Fig. 58. - Azione del rivelatore a cristallo. In *a* abbiamo una corrente modulata ad alta frequenza; in *b* la parte che passa a traverso il cristallo, il cui effetto è quello di una corrente a bassa frequenza rappresentata in *c*.

Le alternanze, tutte nel medesimo senso, non si distruggono come nel caso in cui fossero continuate in senso opposto e il loro effetto si somma, agendo così più o meno fortemente sugli elettromagneti, nello stesso modo che farebbe una corrente della forma rappresentata sul disegno della curva *c*.

Che questa corrente sia di bassa frequenza è indubitabile, in quanto la sua genesi stessa ce lo garantisce.

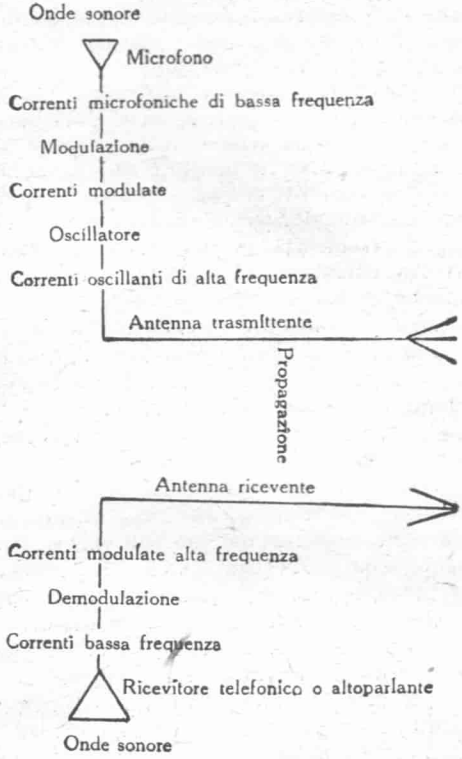


Fig. 59.

Abbiamo così eliminata praticamente la componente di alta frequenza della corrente; essendo poi la componente di bassa frequenza compresa nella scala delle oscil-

lazioni acustiche e corrispondendo ai suoni emessi davanti al microfono dalla stazione trasmittente, il problema della ricezione dei suoni è risolto.

Vediamo di ripetere brevemente il fenomeno della rivelazione, allo scopo di colmare qualche lacuna se fosse il caso. Dunque il ricevitore telefonico non trasforma in suoni qualunque corrente alternata, ma solamente quelle di cui la forma e la frequenza corrispondono alle oscillazioni delle onde sonore, le quali sono pure chiamate correnti di bassa frequenza o di frequenza acustica o musicale. Le correnti che sono provocate nell'antenna dalle onde elettromagnetiche o radio onde sono delle correnti ad alta frequenza, ma modulate. Ciò significa che la resistenza variabile del microfono della stazione di emissione ha modificato diversamente l'intensità della corrente ad alta frequenza in ciascuno dei suoi periodi; il che è possibile in quanto che, data la grande diversità di frequenza, un'onda musicale abbraccia un numero grande di periodi di alta frequenza.

Questa intensità variabile della corrente raccoglie in se stessa la corrente di bassa frequenza che agirà sul ricevitore telefonico. La corrente ad alta frequenza non potrebbe agire direttamente sul ricevitore se prima non è stata rivelata, operazione che equivale a separare la componente a bassa frequenza e che viene effettuata per mezzo di un rivelatore, il quale non lascia passare la corrente che in un solo senso. Grazie a questa proprietà, dopo la rivelazione abbiamo delle « spinte » più o meno forti di corrente in un unico senso. Poichè le intensità rispettive di queste « spinte » variano col tempo, la corrente risultante è variabile e corrisponde ad una corrente variabile di bassa frequenza, tale cioè da influenzare la membrana del ricevitore telefonico.

Un apparecchio ricevente si compone quindi di almeno tre parti: sistema d'accordo, rivelatore, ricevitore. Prima della rivelazione abbiamo una corrente ad alta frequenza, e dopo, una corrente di bassa frequenza.

IL TRIODO RIVELATORE.

Parlando del triodo o valvola termoionica, abbiamo indicato questo istrumento come meraviglioso e non senza ragione. Oltre al còmpito che esso assolve nell'emissione e di cui ci siamo già occupati, negli apparecchi riceventi esso è utilizzato come amplificatore di alta e

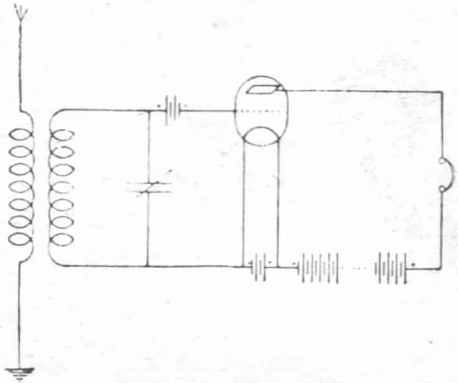


Fig. 60. - Schema di un ricevitore con una valvola rivelatrice. Il modo di rivelazione è quello chiamato « con corrente di placca ».

bassa frequenza e come rivelatore, con risultati che non si potrebbero ottenere altrimenti.

Sappiamo che la valvola ha la proprietà di non lasciare passare la corrente che in un solo senso; gli elettroni in effetto non possono andare che dal filamento alla placca, ma non è così che la valvola viene impiegata come rivelatrice. Infatti non bisogna dimenticare che nel circuito d'accordo di un apparecchio ricevente la corrente è eccessivamente debole e quindi le differenze di tensione che questa corrente potrebbe provocare fra

la placca e il filamento sarebbero insufficienti a produrre una corrente di placca abbastanza intensa. Allora si cerca di utilizzare nel medesimo tempo le facoltà amplificatrici della valvola nel modo seguente. Sappiamo che la più piccola variazione di potenziale (tensione) tra la griglia e il filamento provoca una grande variazione della corrente di placca, per conseguenza noi possiamo inserire e connettere, in un circuito ricevente,

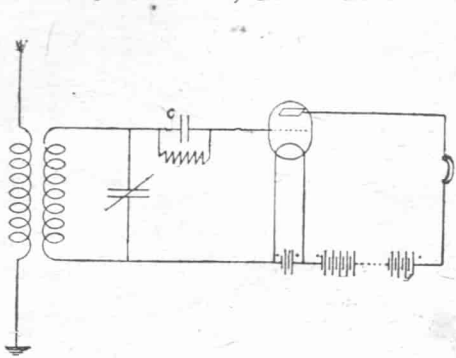


Fig. 61. - Schema di un ricevitore con una valvola rivelatrice. Il modo di rivelazione è quello chiamato « di griglia ».

una valvola come indicato nello schema della fig. 59, per ottenere il doppio scopo di amplificare e rivelare.

Infatti, la tensione alternativa che le onde producono nel circuito d'accordo applicata fra la griglia e il filamento, e la batteria *B* essendo regolata in modo che la griglia sia resa negativa rispetto al filamento, ma di quel tanto appena sufficiente per impedire il passaggio degli elettroni provenienti dal filamento, non vi sarà corrente alcuna nel circuito di placca.

Supponiamo ora che delle onde arrivino. La tensione alternativa che esse creano nel circuito d'accordo modi-

ficherà certamente (per quanto debolmente) la differenza di potenziale fra la griglia e il filamento. La griglia, che è già resa negativa dalla batteria *B*, si farà alternativamente più o meno negativa. Quando la griglia diventa ancor più negativa, a più forte ragione nessuna corrente esisterà nel circuito di placca, ma quando diventa meno negativa, allora essa lascerà passare degli elettroni e darà luogo ad una corrente di placca, il che significa che le variazioni di tensione permettono il pas-

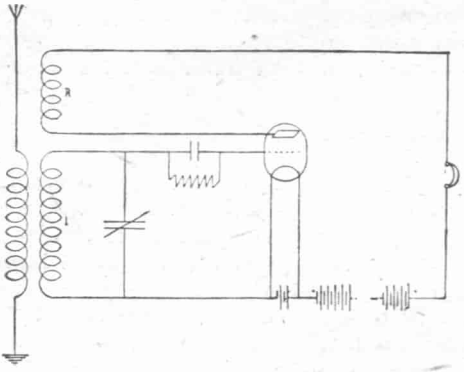


Fig. 62. - Schema di un ricevitore con una valvola rivelatrice a reazione. Le bobine *R* e *L* sono accoppiate per induzione.

saggio di una corrente anodica in un sol senso. Ed è bene in ciò che consiste il fenomeno della rivelazione.

Lo schema di rivelazione che abbiamo illustrato non è spesso impiegato. Si dà la preferenza a un altro schema (fig. 60), nel quale la batteria *Bq* è sostituita con un condensatore fisso (da 0,0001 a 0,00025 di microfarad) e con una forte resistenza *R* (da 1 a 10 megaohm).

La spiegazione di come avviene la rivelazione sarebbe un po' lunga; diremo solo che gli elettroni stessi pro-

venienti dal filamento si accumulano sulla griglia che diventa negativa. Allora la corrente di placca diminuisce e gli elettroni accumulati sulla griglia ritornano al filamento attraverso la resistenza *R*.

È bene notare che un semplice cristallo di galena funziona meglio di una valvola, ma quest'ultima costituisce un rivelatore molto più sensibile in quanto che la galena deve necessariamente prendere tutta l'energia necessaria al funzionamnto del ricevitore telefonico dall'antenna, mentre la valvola non assorbe dall'antenna che la piccolissima quantità di energia necessaria per agire sul potenziale di griglia, l'energia assorbita dal telefono essendo fornita dalla batteria di placca.

La reazione.

Malgrado ciò, se i segnali sono tropo deboli, bisogna allora ricorrere a un altro metodo, molto facile del resto, per amplificare fortemente la sensibilità di un rivelatore a valvola, e questo metodo viene realizzato nel montaggio a « reazione ».

Esso consiste in ciò che la corrente rivelata è rinviata nel circuito d'accordo per mezzo della bobina *R* introdotta nel circuito di placca e accoppiata per induzione con la bobina *L* del circuito d'accordo (fig. 62).

In questo modo, la corrente già un po' amplificata nella valvola, ritorna nel circuito d'accordo e influenza più fortemente la griglia. Ne risultano delle modificazioni ancora più intense della corrente di placca, le quali ritornando al circuito d'accordo, fanno variare ancora più fortemente la tensione di griglia, e così di seguito, ripetendo il medesimo ragionamento. Si comprende facilmente come il dispositivo possegga dunque una grande sensibilità.

Questo schema di valvola rivelatrice a « reazione » è molto simile allo schema dell'eterodina, e infatti se pra-

ticamente si esagera l'accoppiamento fra la bobina di reazione *R* e la bobina di accordo *L* (ricordarsi dell'accoppiamento stretto e lasco), la rivelatrice si comporta come l'eterodina, cioè comincia a produrre delle oscillazioni continue e diventa un vero apparecchio trasmittente. Le sue oscillazioni, mescolandosi con le onde che arrivano all'apparecchio, creano dei molto sgradevoli fischi che possono influire per un raggio di qualche cen-

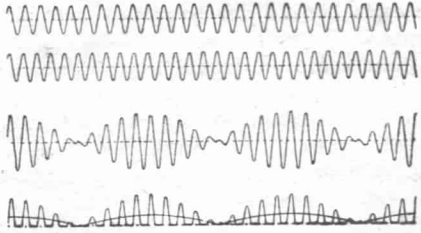


Fig. 63. - Sovrapponendo due correnti alternate *A* e *B* di frequenza diversa, per il fenomeno d'interferenza, esse dànno origine ad una corrente alternata e pulsante *C* di frequenza di pulsazione uguale alla differenza delle frequenze delle correnti *A* e *B*. Questa corrente rivelata è rappresentata in *D*.

tinaio di metri su altri apparecchi riceventi, i quali riprodurranno i medesimi fischi.

Per ottenere dagli apparecchi il massimo di sensibilità e di potenza, si è portati naturalmente a esagerare l'accoppiamento a reazione in quanto che la rivelatrice a reazione raggiunge la sua più grande sensibilità giusto al limite di oscillazione. Lo scopo di una buona regolazione è di condurre l'apparecchio a questo limite, ma senza sorpassarlo, e con ciò si evitano i tanto insopportabili fischi.

L'INTERFERENZA.

Riprendendo l'argomento dell'ultima parte del capitolo precedente e riferendoci più specialmente al fenomeno della rivelazione a « reazione » esaminiamo un po' più da vicino le cause della produzione di sibili che si verificano soprattutto nella ricerca delle stazioni lontane. Abbiamo detto che detti sibili si producono quando, la bobina di reazione sufficientemente accoppiata per induzione colla bobina del circuito d'accordo della griglia, l'apparecchio ricevente si trasforma in eterodina, cioè in apparecchio emittente di corrente di alta frequenza. Ciò non è sufficiente per spiegare come questa corrente ad alta frequenza possa influenzare il ricevitore telefonico al punto di produrre dei suoni udibili. Infatti anche ammettendo che essa sia rivelata noi non dovremmo udire nessun suono in quanto che non essendo modulata non possiede nessuna componente a bassa frequenza. Dunque necessariamente interviene un altro fenomeno, come infatti è. Intendiamo parlare qui dell'interferenza, fenomeno comune a tutti i movimenti periodici. Quando due movimenti periodici si sovrappongono, la frequenza del movimento risultante è uguale alla differenza delle frequenze dei singoli movimenti.

Per comprendere meglio questo lungo enunciato, ci aiuteremo, come al solito, con un disegno (fig. 63).

Rappresentiamo in *A* e *B* due correnti ad alta frequenza di periodo diverso. Vediamo che mentre in partenza i due movimenti coincidono o quasi, e quindi si sommano, a poco a poco in causa della differenza di frequenza la direzione del loro movimento si sposta, sino ad essere di senso contrario, nel cui caso si sottraggono, per riprendere poi l'andamento inverso e così di seguito. La risultante può quindi essere rappresentata dalla curva *C*, la quale figura dunque la somma delle correnti componenti. Questa risultante rivelata assume l'aspetto

indicato in *D*, che, come abbiamo visto, è una corrente pulsante con frequenza uguale alla differenza delle frequenze delle correnti *A* e *B*.

In un rivelatore a reazione, durante la produzione dei sibili si produce esattamente quello che abbiamo rappresentato graficamente. Le due onde *A* e *B* rappresentano una l'onda in arrivo e l'altra la corrente dell'eterodina. Per interferenza ne risulta la corrente *C*, la quale rivelata fornisce *D*. Se le frequenze di *A* e *B* differiscono di poco fra loro la corrente *D* risulterà avere

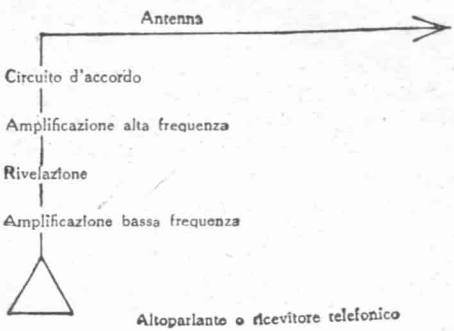


Fig. 64.

una frequenza udibile, e un sibilo si produrrà nel ricevitore, il quale sarà tanto più grave, cioè di bassa frequenza, quanto più la differenza tra le frequenze di *A* e *B* sarà piccola.

Dunque, quando un apparecchio fischia, ciò significa che è quasi accordato sull'onda in arrivo e questo sibilo si farà sempre più grave mano a mano che l'accordo aumenta sino a scomparire quando l'accordo è perfetto.

Amplificazione.

Abbiamo sin qui esaminato come possiamo raccogliere le radio onde, come rivelarle e trasformarle in suoni

musicali udibili; abbiamo pure accennato che le correnti che pervengono al circuito d'antenna possono essere talvolta debolissime, e in questo caso si rende necessaria l'operazione di aumentarle, di ingrossarle affinchè possano far funzionare convenientemente gli organi di trasmissione del suono alle nostre orecchie.

Questa operazione si chiama amplificazione e gli organi che vi sono preposti si dicono amplificatori.

Dato quanto conosciamo già, si intuisce che noi possiamo amplificare prima o dopo la rivelazione. Nel primo caso avremo un amplificatore ad alta frequenza, nel secondo caso un amplificatore a bassa frequenza. Diremo subito che in generale si adoperano entrambi, perchè la valvola rivelatrice (ed è già stato detto qualche cosa a questo proposito) non è in grado di rivelare una corrente troppo debole, quindi l'amplificazione di alta frequenza permette di aumentare il numero delle stazioni che si possono ricevere, ciò che si esprime dicendo che aumenta la sensibilità dell'apparecchio. L'amplificazione a bassa frequenza viene impiegata per rinforzare la corrente musicale rivelata per poter così ottenere delle audizioni potenti.

Il principio di questi apparecchi è il medesimo sia che si tratti di amplificatori di alta frequenza, come se si tratta di amplificatori di bassa frequenza. Ma differiscono a seconda della loro posizione nell'apparecchio (e cioè se sono posti prima o dopo la rivelazione) pei diversi valori delle loro parti costitutive. Questo principio si basa sul fatto che: deboli variazioni di tensione fra la griglia e il filamento provocano forti variazioni della corrente elettronica nel circuito filamento-placca.

Ogni triodo è già per se stesso un amplificatore e i diversi sistemi non differiscono che per il modo di collegamento fra loro dei diversi stadi d'amplificazione.

(È naturale pensare che si possa ripetere l'operazione di amplificazione su di una corrente già amplificata; ognuna di queste amplificazioni chiamasi stadio).

Non si può però ripetere l'operazione un numero molto grande di volte: vedremo in seguito come questo numero venga limitato da certe condizioni accessorie, e per intanto analizziamo il problema.

Sappiamo che nel circuito di placca di una valvola qualunque abbiamo una corrente d'intensità variabile, la quale deve provocare una tensione variabile fra la griglia e il filamento della valvola seguente.

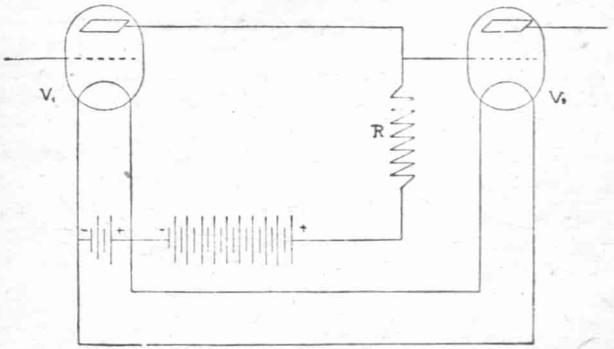


Fig. 65. - Schema di amplificatore in cui la griglia della valvola V 2, portata a un potenziale positivo troppo elevato, non ne permette il regolare funzionamento

Se noi ricordiamo che l'intensità di corrente può essere misurata dal numero degli elettroni che traversano in un minuto secondo un punto qualunque di un circuito, e che la tensione o differenza di potenziale fra due punti di un circuito può essere misurata dalla differenza del numero di elettroni concentrati in questi punti, avremo una spiegazione che potrà darci ragione del come sia possibile trasformare una intensità variabile in una tensione variabile.

Supponiamo infatti d'intralciare il libero passaggio

di elettroni intercalando sul loro cammino, cioè nel circuito, una resistenza qualunque. È evidente che essi si accumuleranno all'entrata di questa resistenza mentre all'uscita essi potranno riprendere senza intralcio la loro corsa.

Si creerà quindi quella differenza nel numero degli elettroni che è caratteristica della differenza di potenziale, e, cosa importante, più la corrente sarà intensa e più questa differenza sarà grande. Resta dunque di-

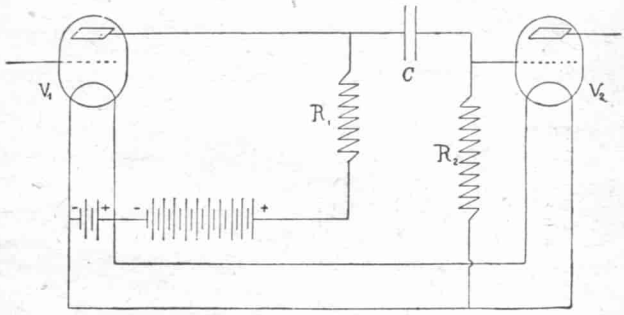


Fig. 66. - Schema di amplificatore a resistenza. Mancando la resistenza R 2 la valvola V 2 resterebbe isolata dal condensatore *C*.

mostrato che una resistenza è sufficiente per trasformare una intensità alternativa, in una tensione alternativa.

Prima di continuare dobbiamo aprire una parentesi per ricordarci quali e quanti sono i modi di trasmissione d'energia elettrica.

Se noi riuniamo i due poli di una pila con un conduttore avremo un passaggio di corrente. Ciò che si può chiamare accoppiamento diretto.

Se noi facciamo passare una corrente in una bobina questa corrente fa nascere un'altra corrente in un'altra bobina la quale non ha alcun legame materiale colla

prima. Ciò che si chiama accoppiamento induttivo o elettromagnetico e che differisce dal primo in quanto che vale solo per le correnti che crescono o diminuiscono continuamente, cioè le correnti alternate, mentre il primo vale anche per le correnti continue.

Se noi riuniamo i due capi di una sorgente di elettricità alternata o variabile con un condensatore, avremo pure un movimento di va e vieni di elettroni del tutto uguale agli effetti di una corrente alternata o variabile che è quanto dire che una corrente si stabilisce attraverso il circuito così formato come se il conduttore si lasciasse liberamente attraversare dagli elettroni. Questo accoppiamento si chiama capacitivo o per capacità.

Notiamo che se il periodo di una corrente alternata è corto (grande frequenza) pochi elettroni avranno il tempo di accumularsi sulle placche del condensatore e quindi anche un condensatore di debole capacità sarà sufficiente per lasciar passare la corrente. Ma se invece si tratta di una corrente a bassa frequenza (periodo di lunga durata) molti elettroni avranno il tempo di accumularsi sulle placche e quindi abbisognerà loro uno spazio più grande, cioè un condensatore di assai grande capacità. Chiudiamo la parentesi e riprendiamo il filo del nostro discorso che abbiamo lasciato dicendo che una resistenza è sufficiente per trasformare una intensità alternata in una tensione alternata. Questa nozione e quanto abbiamo or ora spiegato, a propostito del condensatore intercalato in un circuito, saranno sufficienti per comprendere il meccanismo di un amplificatore.

Infatti se noi introduciamo nel circuito di placca di una valvola V_1 una resistenza R (fig. 65) e connettiamo l'estremità di questa resistenza con la griglia e con il filamento della valvola V_2, le variazioni di intensità della corrente anodica della valvola V_1 determineranno una tensione variabile alle estremità della resistenza R

e questa tensione variabile, essendo applicata fra la griglia e il filamento della seconda valvola dovrebbe amplificare le variazioni della corrente di placca, come è stato detto.

In realtà però le cose non vanno così nello schema rappresentato dalla fig. 65 in quanto che la placca della prima valvola, essendo riunita alla griglia della seconda, l'alta tensione che bisogna fornire all'anodo (placca) per ottenere una corrente elettronica sufficiente, sarà nel medesimo tempo applicata alla griglia della seconda valvola e questa tensione elevata, applicata alla griglia, farà sì che questa attirerà tanti elettroni quanto la placca, e anche di più, dato che la griglia è più vicina al filamento, per cui le piccole variazioni di tensione sulla resistenza *R* non avranno quasi effetto sulla corrente di placca della seconda valvola.

Dunque, quando il potenziale della griglia è troppo elevato in confronto al filamento, la valvola non ha un funzionamento soddisfacente. Ma se noi intercaliamo un condensatore fra la griglia e la resistenza, gli elettroni si raccoglieranno più o meno numerosi sull'armatura del condensatore unito alla placca, mentre l'altra armatura ne resterà più o meno sprovvista e la griglia in conseguenza sarà più o meno negativa: cosa favorevole per il fenomeno d'amplificazione che vogliamo ottenere. Solamente vi è un altro inconveniente. Infatti una parte degli elettroni emessi dal filamento si fermeranno sulla griglia e siccome non hanno altra via d'uscita renderanno a tal punto negativa la griglia che essa non lascerà più passare gli elettroni verso la placca e la valvola cesserà di funzionare quasi immediatamente.

Necessita dunque aprire una via agli elettroni affinchè la parte superflua possa lasciare la griglia. A questo scopo basterà unire, per mezzo di una resistenza, la griglia a un punto qualunque a potenziale fisso, p. es. il polo negativo della batteria d'accens. del filamento (fig. 66).

E finalmente abbiamo trovato lo schema definitivo di un amplificatore a resistenza. Questo schema ammette più stadi d'amplificazione e può essere utilizzato prima o dopo la rivelazione e cioè per l'alta e la bassa fre-

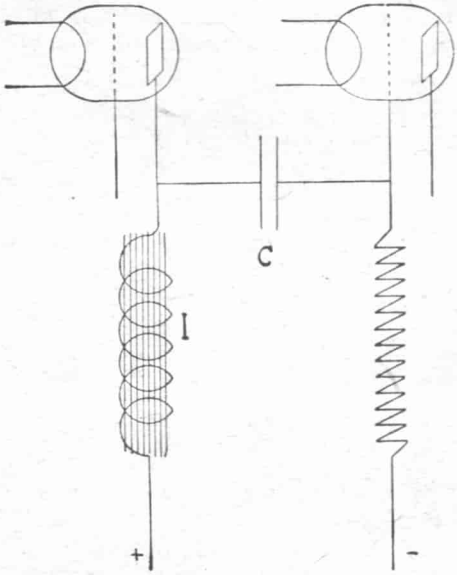


Fig. 67. - Accoppiamento per mezzo dell'impedenza *I* inserita nel circuito di placca. (Amplificatori a induttanza).

quenza, ricordandosi però che per la bassa frequenza il condensatore d'accoppiamento deve essere più grande.

Abbiamo parlato a lungo dell'amplificatore a resistenza, ma evidentemente non è il solo ad essere utilizzato. come vedremo.

GLI AMPLIFICATORI.

Col nome di *impedenza* si designa la somma di tutte le resistenze di un circuito. Come resistenza noi non conosciamo che quella che offrono i conduttori al passaggio degli elettroni che camminano da un atomo all'altro; ciò è vero per la corrente continua, ma abbiamo

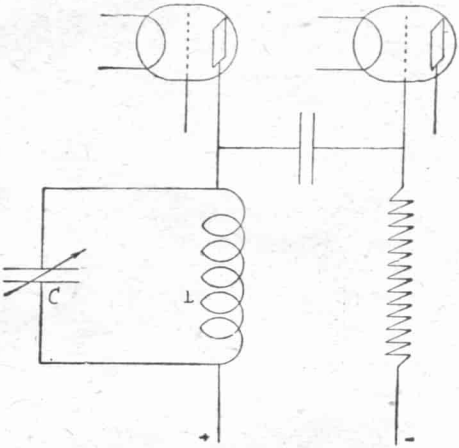


Fig. 68. - Accoppiamento per mezzo di un circuito accordato (amplificatori a risonanza).

veduto che la corrente alternata traversa pure i condensatori, e che questo passaggio può essere più o meno facile. Questa specie di resistenza si chiama resistenza di capacità o capacitanza. Parimenti una terza specie di resistenza al passaggio della corrente alternata è offerto dalla inerzia dell'autoinduzione delle bobine che viene chiamata resistenza induttiva o induttanza. E nel medesimo modo che una piccola capacità può quasi im-

pedire il passaggio a una corrente di bassa frequenza, così una forte autoinduzione può opporre una grandissima resistenza al passaggio di una corrente ad alta frequenza.

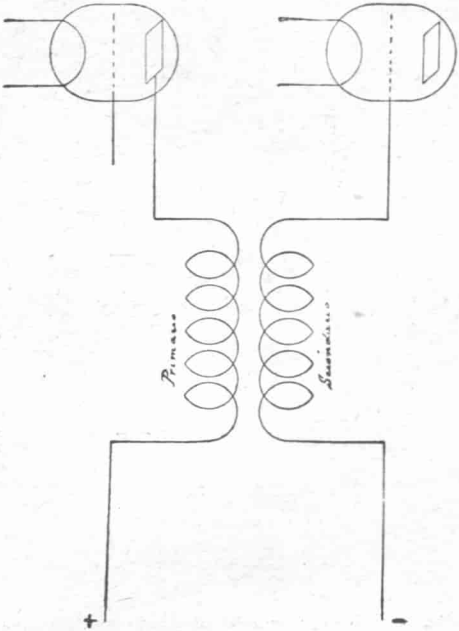


Fig. 69. - Accoppiamento per mezzo di trasformatore.

La somma di queste tre resistenze si chiama, come abbiamo dunque detto, impedenza. Solamente questa somma non è il semplice totale aritmetico, ma la loro risultante geometrica.

L'impedenza è dunque l'espressione più generale della resistenza in quanto le comprende tutte.

L'amplificatore a resistenza che abbiamo studiato precedentemente non è che un caso speciale dell'amplificatore a impedenza, cioè un amplificatore a impedenza in

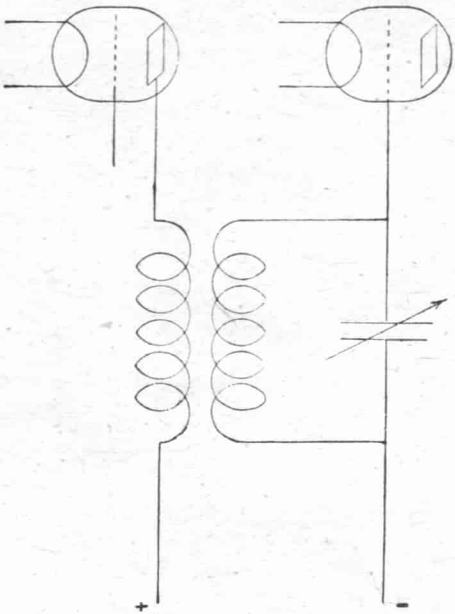


Fig. 70. - Accoppiamento per trasformatore, per amplificazione alta frequenza, a secondario accordato.

cui le resistenze capacitiva e induttiva sono eguali a zero.

Sostituendo la resistenza del circuito di placca dell'amplificatore precedente con una induttanza *I*, fig. 67, se questa è abbastanza forte si produrrà ai suoi estremi

una tensione alternata che potremo trasmettere per mezzo di un condensatore C alla griglia della valvola seguente.

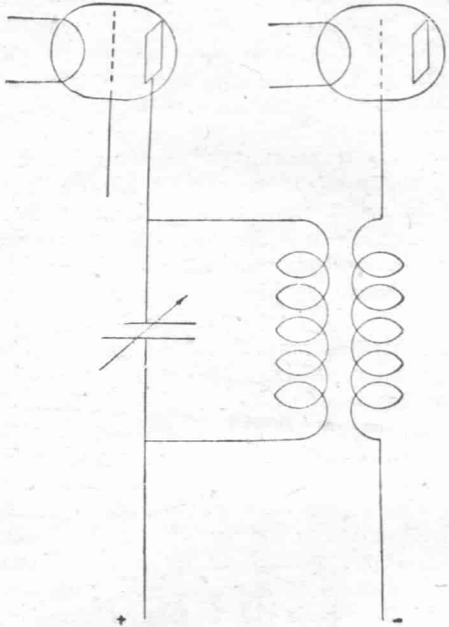


Fig. 71. - Accoppiamento per trasformatore e per amplificazione alta frequenza a primario accordato.

Nessuna differenza quindi col caso precedente salvo che ora la corrente continua di placca può essere più intensa, in quanto che la resistenza della bobina è relativamente poco elevata in confronto della resistenza impiegata nell'amplificatore a resistenza.

Però nel medesimo modo che negli amplificatori di bassa frequenza a resistenza, necessita avere un condensatore d'accoppiamento di più grande capacità, negli amplificatori di bassa frequenza a induttanza occorre avere pure una più grande autoinduzione. E per non esagerare nelle dimensioni delle bobine, gli amplificatori a bassa frequenza comportano sempre delle induttanze con nucleo di ferro, il quale, come abbiamo visto, aumenta l'autoinduzione.

Potrebbe sembrare di poter costruire degli amplificatori a capacitanza sostituendo, in un amplificatore a resistenza, la resistenza anodica con un piccolo condensatore. Ma se noi mettiamo un condensatore nel circuito di placca, la corrente continua non potrà più circolare, la placca non potrà più essere resa positiva per rapporto al filamento e la valvola non funzionerà affatto.

Un terzo tipo di amplificatore è quello chiamato a risonanza, e consiste nella sostituzione della induttanza dell'amplificatore precedente con un circuito formato da una bobina e un condensatore collegati come indicato nella fig. 68. Questo circuito, che sappiamo essere oscillante, potrà venire accordato sulla frequenza della corrente da amplificare e in questo caso formerà una barriera insormontabile per la corrente alternata.

La spiegazione dettagliata di questo fenomeno necessiterebbe l'aiuto delle matematiche; però possiamo facilmente immaginare che le cose vadano press'a poco così.

Nel circuito oscillante esiste una corrente alternata del medesimo periodo di quella che dobbiamo amplificare. Ogni volta che quest'ultima vuole entrare nel circuito trova la corrente oscillante di senso contrario che glielo impedisce. Sarebbe come se avessimo due stanze comunicanti fra loro per mezzo di due porte a movimento sincrono alternativo, ma combinate in modo che quando l'una si apre l'altra si chiude, sicchè non vi è

mai spazio libero per passare da una stanza all'altra. O anche meglio immaginiamo le due correnti composte come sempre di elettroni, i quali si precipitino da una parte e dall'altra per passare attraverso la medesima

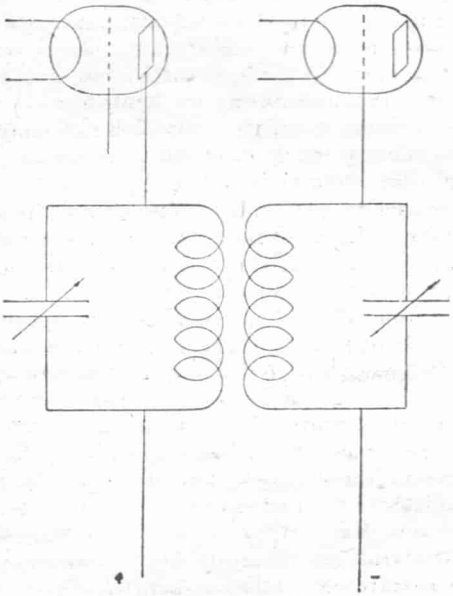


Fig. 72. - Accoppiamento per trasformatore e per amplificazione alta frequenza, a primario e secondario accordati.

porta. Se gli istanti in cui gli elettroni si spingono per passare coincidono da una parte e dall'altra, il passaggio sarà sempre impedito.

Dunque, accordando il circuito oscillante sulla frequenza delle correnti da amplificare, l'impedenza del

circuito sarà più grande e allora il funzionamento sarà uguale a quello degli altri amplificatori a impedenza.

Questo genere di amplificatori non sono interessanti per la bassa frequenza, perchè per realizzare l'accordo sulla bassa frequenza occorrerebbero bobine e trasformatori enormi, poi, e questo è predominante, gli amplificatori a risonanza non amplificano che la sola frequenza sulla quale il circuito oscillante è accordato. Come conseguenza utilizzando un amplificatore di questo genere in bassa frequenza non verrebbe amplificato che un solo tono, p. es. il *la*, di tutta la musica, vale a dire che sarebbe impossibile udirla.

Questa proprietà che rende questo genere di amplificatori inutilizzabili in bassa frequenza, per la quale ne abbiamo degli eccellenti, è invece una qualità molto interessante per l'alta frequenza.

Infatti gli amplificatori a risonanza non amplificando che una sola frequenza (o praticamente una banda molto stretta di frequenze) conferiscono agli apparecchi una grande selettività in quanto tutte le onde perturbatrici non saranno amplificate, l'amplificatore essendo accordato sulla sola onda che si vuole ricevere.

Si comprende quindi come, dato il numero grande di stazioni emittenti su lunghezze d'onda spesso molto vicine, occorrano degli apparecchi che posseggano una grande selettività, che l'amplificatore a risonanza permette di realizzare con relativa facilità. Da ciò deriva la grande diffusione presa da questo genere di amplificatori.

Vi è ancora un altro tipo di amplificatori, chiamati amplificatori a trasformatore. Noi ne conosciamo l'elemento principale, il trasformatore, poichè esso si basa su di un principio già noto. Infatti il trasformatore non è altro che l'insieme di due bobine accoppiate induttivamente. Quando una di queste bobine è percorsa da una corrente alternata, per induzione si produce nel-

l'altra bobina una corrente indotta della medesima specie. Se noi intercaliamo nel circuito di placca di una valvola (fig. 69), una bobina di un trasformatore e l'altra nel circuito di griglia della valvola seguente, avremo realizzato la disposizione di amplificatore con trasformatore. Infatti ogni variazione di corrente nella bobina di placca (primario) provocherà un movimento di elettroni nella bobina di griglia (secondario); il poten-

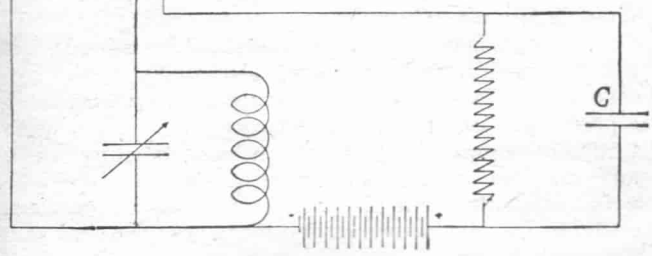


Fig. 73. - L'aggiunta di un condensatore *C* come indicato nello schema serve a neutralizzare l'effetto della capacità parassita della valvola (*c*).

ziale della griglia varierà e la seconda valvola funzionerà come amplificatrice. Questo sistema è molto semplice, e viene impiegato per amplificatori di bassa frequenza con bobine costituite da un numero elevato di spire e con nucleo di ferro in comune; ciò che, sappiamo, aumenta l'induzione nel caso di correnti di bassa frequenza.

Per l'amplificazione di alta frequenza, questo genere di amplificatore funziona male e vedremo in seguito che è giustamente in ragione del suo cattivo funzionamento che viene impiegato.

Per l'alta frequenza s'impiegano frequentemente trasformatori col secondario accordato, col primario accordato e anche col primario e secondario accordati (figure 70-71-72); il loro funzionamento è ottimo in quanto hanno la proprietà di rendere l'apparecchio molto selettivo, come abbiamo veduto.

La potenza di un amplificatore a una valvola è di 5 a 6 volte in un amplificatore a resistenza e generalmente un po' maggiore negli amplificatori a risonanza e a trasformatore. Se dunque il primo stadio amplifica p. es. 6 volte, la corrente dopo il suo passaggio nella seconda valvola sarà già 36 volte, dopo la terza 216 volte, dopo la quarta 1296 volte più forte e così di seguito. Però praticamente le cose cambiano aspetto. Infatti non bisogna dimenticare che la placca e la griglia possono considerarsi come le armature di un condensatore e perciò possiedono una certa capacità, la quale, quantunque di valore estremamente piccolo, impedisce in un amplificatore a resistenza una buona amplificazione, principalmente per le alte frequenze. Infatti la capacità esistente fra la placca e la griglia rappresenta un cammino per le correnti ad alta frequenza per le quali la resistenza di capacità o capacitanza, come sappiamo, non è grande; per conseguenza queste correnti in luogo di attraversare la resistenza, creando così quella differenza di potenziale che è la base stessa del funzionamento dell'amplificatore, traversano direttamente la capacità, col risultato di diminuire la potenzialità di amplificazione dell'amplificatore. Questo inconveniente, che si acuisce col crescere della frequenza, limita l'applicazione di questi amplificatori ad onde che abbiano una lunghezza minore di 8 o 900 metri, dunque praticamente sono esclusi dall'alta frequenza mentre convengono benissimo per l'amplificazione in bassa frequenza.

Gli amplificatori a risonanza non sono neppure essi esenti da inconvenienti. Anche qui la capacità placca-

griglia esiste e si aggiunge semplicemente alla capacità del condensatore di accordo del circuito anodico di risonanza. Dunque essa accoppia due circuiti oscillanti accordati e cioè quello della griglia e quello della placca e noi sappiamo che in questo caso la valvola funziona come eterodina, le cui oscillazioni spontanee disturbano o impediscono la ricezione. Da notare che quando l'amplificazione non è forte, come per esempio quando si

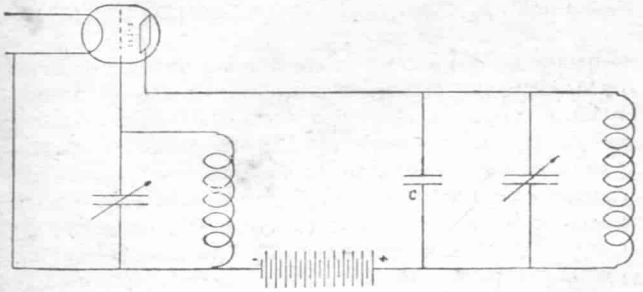


Fig. 74. - La capacità parassita della valvola si aggiunge alla capacità del condensatore del circuito tampone.

tratta di un amplificatore ad un solo stadio, la valvola non diventa eterodina, ma diventa già difficile far funzionare due stadi di amplificazione a risonanza in alta frequenza. Questa piccolissima capacità che accoppiando due circuiti menzionati crea l'inconveniente indicato, non rappresenta il solo difetto degli amplificatori a risonanza. Infatti vi sono altri guai quali l'accoppiamento del circuito di griglia con quello di placca per induzione della bobina, la capacità fra i collegamenti, ecc.

In questi ultimi tempi la tecnica della radio ha fatto enormi progressi e la ricerca di una buona amplificazione in alta frequenza è stata oggetto di particolari ricerche, in quanto quella in bassa frequenza non presenta le medesime difficoltà.

Un tecnico inglese, Scott Taggart, ha avuto la buona idea di mettere fra due stadi d'amplificazione a risonanza uno stadio a induttanza (per onde corte, e a resistenza per onde lunghe). Questo stadio soffoca in certo modo le oscillazioni spontanee, ma non rappresenta la migliore soluzione, in quanto l'amplificazione non è ottima e una delle valvole è male utilizzata.

Variazione di frequenza (supereterodina).

Esiste però un metodo veramente ingegnoso che ha dato risultati ottimi. Tenuto conto che la capacità placca-griglia fa sentire i suoi effetti nocivi specialmente per le correnti ad alta frequenza, basterebbe, prima di amplificare, poter ridurre la frequenza della corrente. Abbiamo già veduto, analizzando il funzionamento della rivelazione a reazione, l'interessante fenomeno che abbiamo chiamato interferenza e di cui ripeteremo il principio. Quando sovrapponiamo due correnti di frequenza diversa, la corrente risultante ha una frequenza eguale alla differenza delle frequenze delle correnti componenti. Per ridurre la frequenza si procede dunque così:

Per mezzo di un circuito eterodina locale, vengono create delle oscillazioni di tale frequenza che la differenza fra queste e quelle delle onde in arrivo all'antenna sia sempre uguale a un medesimo numero, p. es. 30.000. Se la frequenza della stazione emittente che si vuole ricevere è di 1.500.000 cicli o periodi (lunghezza d'onda di 200 metri) noi accorderemo l'eterodina su di una frequenza di 1.470.000 o ciò che fa lo stesso 1.530.000.

In entrambi i casi, dopo interferenza la frequenza sarà di 30.000. Questa frequenza media è già molto facile ad amplificare in tre o anche quattro stadî di amplificazione in media frequenza i cui circuiti a risonanza possono essere accordati una volta per sempre.

Dopo questa enorme amplificazione in media frequenza, la corrente è rivelata e la corrente di bassa frequenza che ne risulta può ancora essere amplificata, come, d'al-

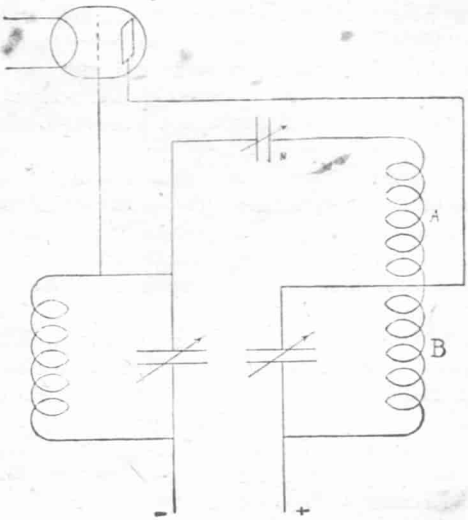


Fig. 75. - *Neutrodina*. Si basa sul principio che le correnti indotte nella bobina *B*, dalla bobina *A* applicano alla griglia della valvola delle tensioni opposte a quelle che sono applicate dalla capacità parassita griglia-placca. L'intensità delle correnti di neutralizzazione si possono regolare esattamente colla manovra del condensatore variabile *N*.

tra parte, anche la corrente ad alta frequenza può essere già amplificata prima del cambiamento di frequenza.

Gli apparecchi a cambiamento di frequenza appartengono oggi alla categoria più perfetta di ricevitori. Essi si differenziano fra loro, secondo il metodo usato per il

cambiamento di frequenza, prendono diversi nomi quali: supereterodina (con una valvola eterodina separata), tropodina (in cui la medesima valvola amplifica l'alta frequenza e serve d'eterodina); ultradina (in cui la placca della prima valvola viene alimentata da una corrente alternata ad alta frequenza); radiomodulatori (a cambiamento di frequenza per mezzo di una valvola a due griglie) e molti altri, ma il primo metodo supereterodina è quello che oggi viene più generalmente adoperato.

Infine dobbiamo menzionare la neutrodina che però si basa su di un altro principio per evitare l'effetto nocivo della capacità placca-griglia. Nella neutrodina questa capacità viene neutralizzata da un'altra capacità il cui effetto è contrario a quello della capacità placca-griglia.

Non essendo la spiegazione delle più facili, ci aiuteremo da una parte con uno schema (fig. 75) e dall'altra coll'esaminare più da vicino in che cosa consiste questo effetto nocivo della capacità placca-griglia.

Quando un circuito oscillante è accordato sull'onda da ricevere, si produce alle sue estremità una tensione alternata. Regolarmente la trasmissione non dovrebbe essere fatta che alla griglia della valvola seguente per mezzo di un piccolo condensatore d'accoppiamento. Ma un' altra capacità, proprio quella che ci preoccupa (placca-griglia) permette a queste variazioni di tensione di trasmettersi di nuovo al circuito di griglia. Così che abbiamo allora una reazione della capacità che crea delle oscillazioni spontanee. Esaminiamo ora lo schema. La solita bobina *B* del circuito placca, ha come una specie di appendice *A*, cioè un'altra bobina con essa accoppiata. Questa appendice è collegata col circuito d'accordo della griglia per mezzo di un condensatore variabile *N*, di piccolissima capacità, chiamato condensatore neutrodina.

Ora è chiaro che quando la bobina *B* è attraversata da una corrente ad alta frequenza, una corrente indotta di senso contrario si produrrà nella bobina *A*, creando delle variazioni di tensione pure di senso contrario. Queste variazioni di tensione di senso contrario della bobina *A* sono trasmesse, per mezzo del condensatore neutrodina, al circuito di griglia per neutralizzarvi le variazioni di tensione dovute alla capacità placca-griglia. Il condensatore *N* è variabile per poter permettere un aggiustaggio della sua capacità affinchè l'energia trasmessa sia proprio quel tanto necessario e sufficiente per neutralizzare esattamente l'energia trasmessa dalla capacità placca-griglia.

VI.

ALCUNE PARTI COSTITUTIVE DEI MODERNI APPARECCHI RICEVENTI.

In questi ultimi tempi grandi progressi sono stati realizzati nella fabbricazione degli apparecchi radio, progressi che non sono dovuti a nuove combinazioni di circuiti, ma soprattutto alle migliorie apportate nella costruzione dei singoli componenti gli apparecchi fra i quali in primo luogo le valvole.

Un apparecchio ricevitore di tipo medio, di qualunque costruzione esso sia, si compone quasi generalmente, di un certo numero di organi sempre gli stessi.

Noi abbiamo imparato a conoscere le funzioni di questi organi nella loro espressione più elementare ed ora passeremo molto brevemente in rivista quelli più usati in pratica e che maggiormente ricorrono nelle descrizioni tecniche, così che il lettore che ci avrà pazientemente seguiti, potrà rendersi più facilmente conto dei nuovi tipi di apparecchi nei quali appunto avrà occa-

sione di riscontrare questi accessorî, di cui però non possiamo diffusamente occuparci.

ALIMENTATORI.

Se in principio gli apparecchi radioriceventi funzionavano esclusivamente per mezzo di batterie, ora la loro caratteristica principale è appunto quella di poter essere alimentati colla corrente della rete elettrica di distribuzione per mezzo di dispositivi chiamati alimentatori.

Quando la corrente è alternata, cioè nella grande maggioranza dei casi, l'alimentazione comprende adatti trasformatori e la corrente continua necessaria viene prodotta per mezzo di speciali apparecchi chiamati raddrizzatori di cui il più usato e semplice è formato dal diodo, che viene appunto chiamato in questa funzione valvola raddrizzatrice o semplicemente raddrizzatrice.

(Questa valvola così utilizzata non ha altra funzione nell'apparecchio. Così p. es. un apparecchio a cinque valvole di cui una è la raddrizzatrice non è effettivamente che un apparecchio a quattro valvole).

TRASFORMATORI.

I trasformatori, già conosciuti in elettrotecnica, non presentano nulla di speciale e non pare possano subire radicali modificazioni.

Il loro scopo è di fornire il voltaggio necessario ai diversi punti di alimentazione di un apparecchio ricevente.

RADDRIZZATORI.

L'organo raddrizzatore che abbiamo indicato essere costituito da una valvola, è quasi sempre accompagnato da induttanze di arresto e condensatori di passaggio. (Vedi più avanti *filtri elettrici*).

Si sono però cercate altre soluzioni e così abbiamo avuto anche i raddrizzatori a freddo (in contrapposizione alle valvole che, come sappiamo, lavorano a caldo). A questo genere appartengono i « tungar » a gas, i « cupro » ad ossido di rame e recentemente si sono affermati anche i raddrizzatori ad ossido di selenio.

Tralasciando anche la semplice descrizione di questi apparecchi, che esorbiterebbe dal còmpito che ci siamo imposti, diremo solamente che i raddrizzatori ad ossido di selenio rappresentano una buona promessa per l'avvenire, in quanto che il loro pregio fondamentale è quello di avere una durata quasi illimitata.

FILTRI ELETTRICI.

Dicesi filtro elettrico qualunque dispositivo del circuito (bobine, condensatori e resistenze) disposto in modo da lasciar passare segnali di una o più frequenze meglio di tutte le altre. In altre parole è una specie di conduttore selettivo. Se un filtro è formato con induttanze o con resistenze e capacità, esso è aperiodico in quanto non può avere una frequenza propria, come abbiamo veduto. Se invece è formato con induttanza e capacità esso può essere periodico, cioè avere una o più frequenze proprie.

Il condensatore e l'induttanza costituiscono i più elementari filtri elettrici. Un condensatore lascia passare la corrente alternata ma arresta le correnti continue. Un'induttanza lascia passare le correnti continue e contrasta il passaggio a quelle alternate. Un condensatore di piccola capacità lascia passare le correnti di alta frequenza ma può impedire il passaggio di correnti di bassa frequenza e così inversamente un'induttanza lascia passare correnti di bassa frequenza e contrasta il passaggio alle correnti di alta frequenza. Quando però si tratta di separare correnti di una data frequenza da altre di frequenza poco differente, il filtro diventa più

complesso. Non entreremo in merito a tali sistemi più o meno complicati ma diremo solo che tali filtri possono essere disposti in modo da arrestare una frequenza o una banda di frequenze e lasciar passare le altre, oppure possono lasciar passare una sola frequenza o una banda di frequenze e arrestare le altre.

Detti filtri vengono infatti chiamati filtri di banda e nella ricezione radiofonica in cui non si ha a fare con una frequenza unica ben definita ma con una banda di frequenze la cui larghezza è di circa — 5000 cicli, essi sono molto impiegati.

Condensatori.

Nel filtro, l'elemento di maggior importanza è il condensatore. In questi ultimi tempi un progresso sensibile si è ottenuto mediante la sostituzione, che sembra debba generalizzarsi nella maggior parte degli apparecchi radioriceventi, dei condensatori a dielettrico carta con quelli di tipo elettrolitico, il cui pregio, oltre a un ingombro ridotto, è quello di essere di un costo più basso.

Le bobine di induttanza che entrano nella composizione dei filtri non presentano nulla di speciale, salvo le loro piccole dimensioni.

Condensatori variabili di accordo.

Per quello che concerne i condensatori variabili di accordo sulla radiofrequenza, non sembra, per ora, che possano subire delle modificazioni.

Essi sono costituiti in blocchi di tre unità, recentemente ridotti a due, del tipo che conosciamo con dielettrico aria.

Bobine di induttanza ad alta frequenza.

Queste, come abbiamo già veduto, sono quasi esclusivamente del tipo ad aria. Però vogliamo accennare a

un nuovo tipo d'induttanza ad alta frequenza, basato sull'impiego del ferro, adoperato in uno stato di suddivisione ultra spinto, che se ne riduce la permeabilità (pur mantenendola di parecchio maggiore di quella dell'aria), ha il vantaggio di conferire all'induttanza un valore quasi indipendente dalla corrente. La perdita risulta pure minima, mentre il grado di amplificazione e di selettività viene ad essere aumentato sensibilmente.

Condensatori fissi e semifissi.

Oltre ai condensatori fissi costituenti il filtro, a cui abbiamo accennato sopra, un apparecchio radioricevente comporta un numero più o meno grande di condensatori fissi, di piccola capacità. Questi condensatori sono del tipo a carta, a mica, e anche elettrolitico, a seconda della loro funzione nell'apparecchio e del valore della capacità.

I condensatori semifissi vengono quasi esclusivamente adoperati per la compensazione dell'accordo dei circuiti, e sono di dimensioni minime.

Resistenze fisse e variabili.

Le resistenze fisse si trovano un po' dappertutto e non presentano nulla di speciale. La tecnica moderna cerca di limitarle il più possibile e ciò si comprende.

Le resistenze variabili prendono la forma dei noti potenziometri. Esse vengono adoperate principalmente nei ricevitori per il controllo del volume e, in qualche caso, per il controllo di tono.

Il tipo più corrente dei moderni potenziometri è quello a carbone, che presenta varî vantaggi sul noto tipo a filo metallico.

Altoparlante.

Nei moderni ricevitori, gli altoparlanti adoperati sono quasi esclusivamente del tipo elettrodinamico, cioè a

bobina mobile. Questi altoparlanti si suddividono poi in due categorie: quelli a magnete permanente e quelli a eccitazione separata del campo elettrico.

Questo tipo di altoparlante ha sostituito quasi completamente quello elettromagnetico, che si costruiva parecchi anni fa unicamente a magnete permanente e a ferro mobile in luogo della bobina mobile. Esso aveva il pregio di un piccolo ingombro, minor peso e minor costo e maggior rendimento; e non necessitava del trasformatore di accoppiamento con la valvola alimentatrice.

La ragione che lo ha detronizzato è dovuta alla meno buona qualità di riproduzione dei suoni in confronto coll'elettrodinamico.

Altro tipo di altoparlante, ancora allo studio, è quello piezoelettrico, del quale molto si è parlato. Esso però è basato su di un principio che forse gli nega *a priori* ogni buona speranza di riuscita.

Valvole.

Abbiamo lasciato per ultimo, in questa brevissima esposizione, di parlare delle valvole, benchè esse formino senza dubbio l'organo più importante dell'apparecchio radioricevente.

Come già detto, la maggior parte dei progressi realizzati negli apparecchi in questi ultimi anni è dovuta alle valvole; ed è alla loro rapida evoluzione che noi dobbiamo la progressiva diminuzione delle dimensioni e del costo degli apparecchi.

I tetrodi e l'introduzione delle valvole ad accensione indiretta, p. es., hanno servito a dare alla radioricezione uno sviluppo impensato e quale forse non avrebbe mai raggiunto se non dopo un lunghissimo tempo.

Dai primi apparecchi supereterodina con numero minimo di 7 valvole nel 1931, siamo passati a 5 valvole nel

1933 ed è più che probabile che questo numero debba ancora diminuire.

Evidentemente esistono già apparecchi con due e tre valvole, ma sono ben lontani dal possedere quelle doti di sensibilità, fedeltà e qualità acustica che sono oggi richieste e servono tutt'al più per la ricezione della stazione locale con non pochi disturbi.

Ciò detto, faremo una molto breve incursione nel vasto campo delle valvole, cominciando dai tetrodi.

Tetrodi.

Il tetrodo è una valvola termoionica che contiene un anodo, un catodo e due altri elettrodi che generalmente hanno la struttura di griglia. I tetrodi hanno dunque tre elettrodi freddi. Il vantaggio che presenta questa categoria di valvole è quello di possedere un elevato coefficiente di amplificazione senza dover ricorrere alle elevate tensioni anodiche che occorrerebbero per ottenere i medesimi effetti con un triodo comune.

Pentodi.

Un pentodo è una valvola termoionica contenente un anodo, un catodo e tre altri elettrodi che generalmente hanno la struttura di griglie. Il pentodo comune viene usato come valvola finale di potenza (o come si dice pure, come valvola di uscita, sarebbe a dire quella che è collegata coll'altoparlante) e possiede un grande coefficiente di amplificazione di molto superiore a quello di qualunque altra valvola. Un particolare importante è che la resistenza interna dei pentodi è molto notevole per cui la resistenza dell'altoparlante diventa trascurabile rispetto a quella della valvola. L'intensità quindi della corrente che attraversa l'altoparlante è determinata quasi esclusivamente dalla resistenza della valvola

che è costante per tutte le frequenze, mentre la resistenza dell'altoparlante varia col variare della frequenza, essendo principalmente una resistenza induttiva; la resistenza totale del circuito, essendo la parte dovuta all'avvolgimento (bobina) dell'altoparlante trascurabile rispetto a quella dovuta alla valvola, è molto più indipendente dalla frequenza che nel caso del triodo.

Usando i triodi comuni come valvola d'uscita, si nota che le note basse prendono grande sviluppo e che le note alte vengono soffocate. Usando invece come valvole d'uscita i pentodi, si verifica — in molto minor proporzione — il fenomeno opposto. Ciò è dovuto però non tanto alla valvola quanto all'esagerata sensibilità che hanno tutti gli altoparlanti alle note acute.

Valvole a riscaldamento indiretto del catodo.

Le valvole che si costruivano solo per essere alimentate con corrente continua, ora si fabbricano anche per alimentazione con corrente alternata. Però in quest'ultimo caso esse davano luogo a diversi fenomeni e disturbi. A questi inconvenienti si è rimediato colla costruzione di valvole a riscaldamento indiretto del catodo propriamente detto, che serve all'emissione elettronica.

Ne risulta che l'alimentazione del filamento è completamente separata dal funzionamento vero e proprio della valvola e i disturbi sono completamente eliminati.

Valvole a griglia schermo.

Abbiamo parlato degli effetti nocivi che la capacità placca-griglia fa sentire specialmente per le alte frequenze. Per parare a questo inconveniente è stata costruita una valvola chiamata a griglia-schermo nella quale la capacità placca-griglia viene sostanzialmente

eliminata mediante l'interposizione di un elettrodo addizionale che separa l'anodo dalla griglia e da tutto il resto della valvola.

In questa valvola, oltre ad ottenere il risultato di ridurre al minimo la capacità griglia-placca si ha pure il vantaggio che la griglia-schermo esercita le funzioni di una griglia sussidiaria come nel tetrodo.

Valvola a griglia-schermo multi-mu.

È una valvola molto simile alla comune valvola a griglia-schermo, ma dettagli di costruzione le assicurano importanti vantaggi i quali derivano in parte dal fatto che in queste valvole il coefficiente di amplificazione varia automaticamente col variare del potenziale di griglia.

Pentodi d'alta frequenza.

In questi ultimi tempi sono stati costruiti pentodi anche per l'alta frequenza per cui queste valvole possono essere impiegate come oscillatori, come amplificatori e come rivelatori.

La principale caratteristica di questi pentodi d'alta frequenza rispetto alle valvole schermate a multi-mu è quella di permettere una maggiore corrente di placca; quindi sono di maggior potenza.

Il doppio diodo triodo.

Questa valvola si compone di un filamento riscaldatore, un catodo, una griglia e tre placche; essa accoppia i vantaggi del semplice diodo per la rivelazione con quelli del triodo per l'amplificazione.

SCHERMAGGIO.

Senza entrare in particolari diremo pure succintamente in che cosa consiste questa operazione.

I componenti di un radioricevitore, come trasformatori. bobine, condensatori, valvole, ecc., quando sono attraversati da correnti ad alta frequenza, influiscono per induzione sulle altre parti dell'apparecchio e sono causa di disturbi, per evitare i quali si ricorre appunto allo schermaggio. Lo schermaggio consiste nell' avvolgere completamente questi componenti con involucri di materiale buon conduttore (rame, ottone, alluminio) collegati alla terra. Lo schermo così ottenuto ha l'ufficio di raccogliere nel suo spessore le correnti indotte e di scaricarle alla terra impedendo che gli effetti dell'induzione si facciano sentire su altre parti del circuito.

Le valvole a griglia-schermo richiedono che lo schermaggio dell'anodo sia completo a tal punto che conviene schermare, con un tubetto metallico flessibile, anche il conduttore che parte dall'anodo.

* * *

E qui facciamo punto. In questa breve corsa nel mondo meraviglioso dell'elettricità e della radio, di cui abbiamo cercato di spiegare i principî, se siamo pervenuti a interessarvi e a farvi comprendere qualcuna delle leggi più elementari di modo che il funzionamento del vostro apparecchio non abbia più per voi quel che di misterioso e d'impenetrabile, il nostro scopo è raggiunto. Ma se poi le meraviglie appena intraviste e le spiegazioni fornite (un po' alla buona) vi inciteranno a intraprendere uno studio più approfondito di questa scienza così ricca quale la radio, allora la nostra fatica avrà il suo miglior compenso nella gioia che voi proverete mano a mano che penetrerete i misteri della più bella e della più promettente delle scienze, perchè a questa vostra gioia il nostro lavoro avrà per una piccola parte contribuito.

APPENDICE

Dopo aver descritto le parti costituenti un radioricevitore e spiegato teoricamente il loro comportamento, diamo al lettore cinque esempi di apparecchi radioriceventi.

Sono i prototipi degli schemi per un apparecchio a cristallo (senza valvole), ad una valvola, ad una valvola in reazione, a tre valvole e a cinque valvole (supereterodina).

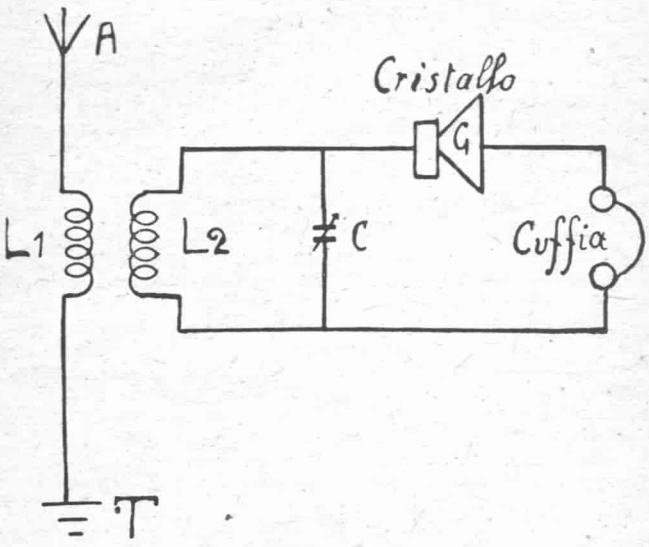
APPARECCHIO A CRISTALLO

Lo schema elettrico della figura 1 rappresenta un ricevitore a cristallo più comunemente noto col nome di ricevitore a galena.

Il funzionamento del ricevitore è basato sulla caratteristica proprietà di alcuni cristalli (galena, tellurio, carborundum, ecc.), proprietà per la quale possono raddrizzare una corrente alternata. Tale proprietà detta di conducibilità unilaterale permette di eliminare tutte le semionde di un determinato segno che vengono applicate, lasciando solamente passare le semionde di segno opposto rendendole pertanto adatte ad influenzare la cuffia telefonica.

Nello schema segnato il funzionamento è il seguente: Le oscillazioni in arrivo (radioonde) eccitano il sistema antenna terra nel quale è compresa l'induttanza L. Il campo elettromagnetico generato induce nella induttanza L_1 le stesse oscillazioni. Perchè L_1 possa risuonare sulla frequenza delle oscillazioni in arrivo e presenti, opportunamente collegato in parallelo, un condensatore variabile C, che permette con facile accordo. Le oscillazioni ad alta frequenza presenti nel circuito L_1, C, tendono a chiudersi attraverso la cuffia ed il cristallo G. In assenza del cristallo G le oscillazioni attraverserebbero la cuffia nei due sensi, data la loro natura di correnti alternate e pertanto nessun suo-

no sarebbe udibile nella cuffia. Infatti la membrana della cuffia verrebbe sollecitata da un campo continuamente inverso ed eguale, rimanendo pertanto immobile. L. presenza del cristallo permette invece di eliminare una delle due alternanze di cui è composta la corrente ad alta frequenza. In tal modo la membrana della

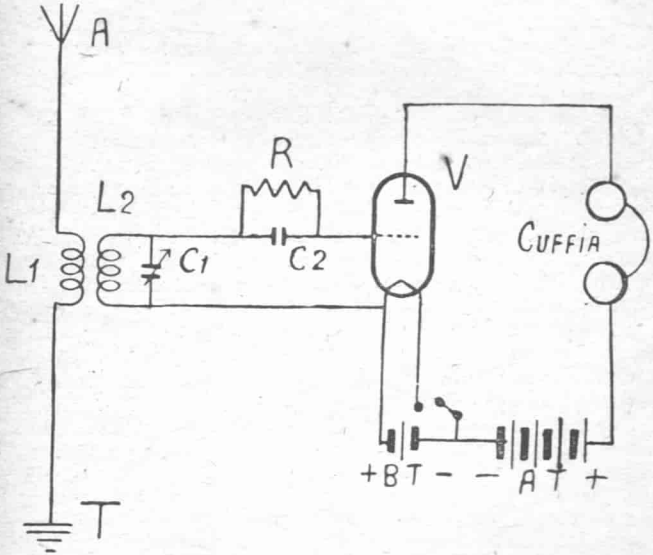


cuffia viene sollecitata in un senso solo da un campo più o meno intenso (determinato dalla modulazione impressa all'onda portante) e viene così a riprodurre suoni o parole.

Da quanto abbiamo espresso si comprende che nel ricevitore a cristallo tutta l'energia che si utilizza per il funzionamento della cuffia è fornita dalla stessa stazione trasmittente. Pertanto il ricevitore a cristallo potrà solo funzionare in vicinanza di una stazione o comunque dove l'energia ad alta frequenza raccolta dall'antenna è di una certa intensità.

APPARECCHIO AD UNA VALVOLA

Lo schema della fig. 2 rappresenta un ricevitore ad uno sola valvola funzionante come rivelatrice a caratteristica di griglia. Come è stato precedentemente spiegato la valvola può sopportare varie funzioni in un ricevitore. Tra di esse è appunto quella di rivelatrice.



Per il funzionamento della valvola come rivelatrice a caratteristica di griglia bisogna inserire sul collegamento tra il circuito oscillante e la griglia di controllo un gruppo di rivelazione costituito da un condensatore di piccola capacità ed una resistenza di valore relativamente alto (C_2, R). Il fenomeno della rivelazione avviene allora in quanto la valvola viene ad amplificare assai più una semionda dell'altra, talchè la corrente oscillante di placca (che è quella che attraversa la cuf-

fia, viene ad assumere praticamente la forma di una corrente unidirezionale. La differente amplificazione delle due semionde dipende dal fatto che, a seconda che la griglia è positiva (semionda postiva) o negativa (semionda negativa) si stabilisce o meno una corrente elettronica dalla griglia al filamento, corrente che attraversando la resistenza di griglia R provoca una caduta di potenziale polarizzando in modo variabile la griglia, rendendola cioè più o meno negativa rispetto al filamento. In tal modo la valvola lavora in condizioni differenti tra una semionda e l'altra ed amplifica di conseguenza più una semionda che l'altra, dando appunto per risultante una corrente di placca oscillante ma con ampiezza assai differente nelle semionde.

Nello schema il funzionamento è il seguente:

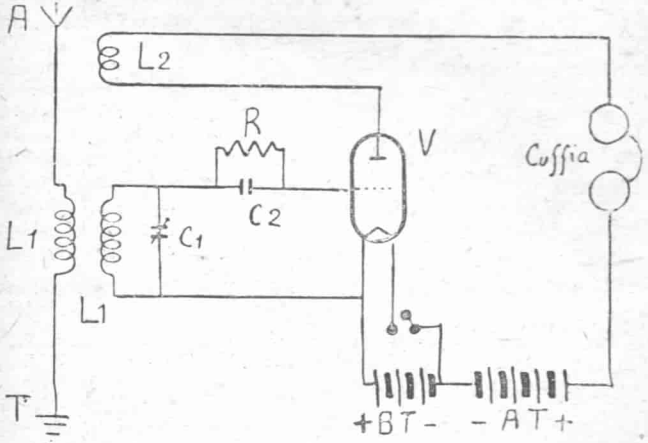
Il sistema antenna (A), induttanta (L) e terra (T), viene eccitato dalle oscillazioni in arrivo. Il campo da esse prodotto induce nella induttanza L_1 queste stesse oscillazioni. L_1 viene accordata dal condensatore variabile C_1. Le oscillazioni vengono quindi ad influenzare la griglia della valvola V attraverso il condensatore G_2. Si produce allora nella valvola il fenomeno spiegato della rivelazione, talchè la corrente circolante nella valvola ed attraversante pure la cuffia, porta questa a riprodurre i suoni relativi alla modulazione impressa sulle radioonde ricevute.

Per il funzionamento della valvola sono presenti due batterie: una prima (BT) per accendere il filamento e provocare l'emissione elettronica; una seconda AT per portare a potenziale positivo la placca (rispetto al filamento) e permettere l'attrazione degli elettroni sulla placca. Come è già stato spiegato, la batteria AT si scarica quindi attraverso la valvola. Più precisamente la corrente passerà sugli stessi elettroni che stabiliscono la continuità del circuito placca-filamento.

Questo ricevitore ha più sensibilità dell'apparecchio a cristallo in quanto per il suo funzionamento non è richiesta che una energia di gran lunga inferiore a quella necessaria per far agire la cuffia. In questo caso l'energia in arrivo serve solo al controllo dell'energia locale fornita dalla batteria AT. Bisogna inoltre considerare l'amplificazione introdotta dalla valvola.

APPARECCHIO AD UNA VALVOLA IN REAZIONE

Per aumentare notevolmente la sensibilità di un ricevitore si presta l'introduzione dell'effetto reattivo o reazione sul circuito della valvola rivelatrice. Riferendosi al circuito precedente ad una sola valvola si può tracciare lo schema di un apparecchio ad una valvola in reazione. Il vantaggio che introduce la reazione sta soprattutto nel fatto che con essa si vengono a ridurre



le perdite del circuito oscillante nel quale le oscillazioni in arrivo tendono a smorzarsi per le resistenze inevitabili presenti. L'effetto reattivo si applica riportando comunque le oscillazioni presenti nel circuito anodico sul circuito di griglia ed in fase. L'energia che vien così riportata sul circuito di griglia può essere rappresentata come una resistenza negativa che si contrappone a quella positiva del circuito. Dato che l'energia in gioco sul circuito di placca è notevolmente superiore a quella in arrivo essa permette di raggiungere un punto nel quale la resistenza virtuale negativa supera la positiva. In tali condizioni si ha l'innesco di oscillazioni locali, che vengono generate a spese della

batteria anodica *AT*. Per la ricezione non si deve raggiungere tale punto, ma comunque conviene avvicinarsi al massimo così da aver la massima ampiezza di oscillazioni nel circuito L_1 C e quindi la massima intensità del segnale che si riceve.

Nel circuito rappresentato il funzionamento è il seguente:

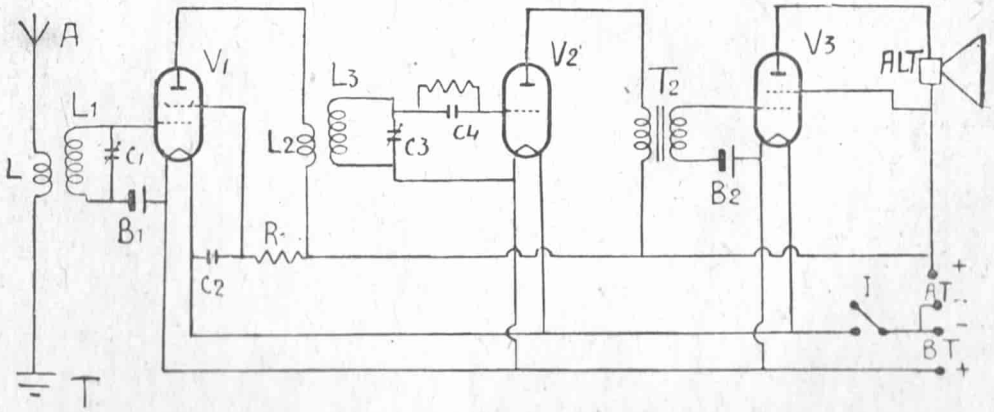
Le oscillazioni translate in L_1 C_1 dell'aereo di griglia della valvola *V* attraverso la capacità C_2. La valvola per il fenomeno dianzi descritto rivela, amplificandole, tali oscillazioni. Esse vengono fatte passare attraverso l'induttanza L_2 la quale viene accoppiata ad L_1. Il campo generato da L_2 induce quindi in L_1 le stesse oscillazioni amplificate. In L_1 quindi le oscillazioni assumono ampiezze maggiori ed influenzano maggiormente la griglia della valvola *V*. Regolando opportunamente l'accoppiamento tra L_2 e L_1 si ottiene un massimo di intensità del segnale in arrivo, massimo che può essere anche di venti volte quello dello stesso segnale ricevuto senza reazione.

APPARECCHIO A TRE VALVOLE

Lo schema di questo ricevitore a tre valvole permette di esaminare la valvola nei suoi tre più comuni impieghi. Come amplificatrice di alta frequenza, come rivelatrice e come amplificatrice di bassa frequenza. Nello schema precedente abbiamo osservato come si possa nel ricevitore monovalvolare aumentare la sensibilità introducendo la reazione. Ora non sempre la reazione è da preferirsi sovratutto per il fatto che essa, mal manovrata, disturba notevolmente i radioamatori vicini, in quanto innescandosi le oscillazioni locali, l'apparecchio funziona da trasmettitore.

Per aumentare la sensibilità si ricorre allora all'amplificazione di alta frequenza. Cioè le oscillazioni in arrivo. Prima di essere rivelate e rese udibili, vengono amplificate nella loro forma originale.

L'amplificazione di alta frequenza si pratica normalmente con due sistemi differenti: uno detto ad amplificazione diretta, l'altro detto a cambiamento di frequenza. Quest'ultimo sistema oggi assai generalizzato


A
V1
L3
V2
T2
V3
ALT
L1
L2
C1
C3
C4
L
B1
R
B2
C2
I
AT
BT
T

viene applicato coi ricevitori supereterodina ed è giustificato dal fatto che è assai più facile e comodo amplificare frequenze basse (onde lunghe) anzichè alte ed altissime (onde corte).

Nello schema il sistema di amplificazione di alta frequenza è quello diretto. Cioè le oscillazioni in arrivo vengono amplificate nella loro frequenza originale.

Ecco pertanto il funzionamento:

Le oscillazioni in arrivo captate dal sistema collettore vengono indotte dall'induttanza L nel circuito L_1 accordato dal condensatore variabile C_1.

Vengono applicate allora alla valvola V_1 che è appunto l'amplificatrice di alta frequenza. Questa valvola, che è generalmente una valvola a griglia schermo od un pentodo, è alimentata con tensioni anodiche e con un potenziale negativo di griglia tali da consentirne un perfetto funzionamento come amplificatrice. Le oscillazioni così amplificate si ritrovano sul circuito di placca nel quale è inserita una induttanza L_2 che rappresenta il primario di un trasformatore di alta frequenza intervalvolare ed il cui secondario è rappresentato da L_3. Le oscillazioni (che hanno ancora la stessa forma e frequenza di quelle captate dall'aereo amplificate eccitano quindi il circuito oscillante accordato costituito dalla bobina L_3 e dal condensatore variabile C_3. Da qui sono portate ad influenzare la griglia della valvola V_2 che funziona da rivelatrice secondo quanto abbiamo visto precedentemente. Sul circuito di placca di questa seconda valvola si ha pertanto una corrente oscillante a bassa frequenza o a frequenza udibile. Si potrebbe inserire su questo circuito di placca una cuffia e sarebbe possibile ascoltare i segnali (suoni o parole). Nel circuito è invece indicato un trasformatore di bassa frequenza (Tr) costituito da due avvolgimenti strettamente accoppiati e provvisti di nucleo di ferro. Attraverso questo trasformatore le oscillazioni a bassa frequenza vengono portate ad influenzare la griglia controllo di una terza valvola V_3 la quale amplifica ulteriormente le oscillazioni permettendo di azionare un altoparlante inserito sul circuito di placca.

Le valvole dell'apparecchio sono alimentate dalle due batterie BT e AT che provvedono rispettivamente all'accensione dei filamenti e alla tensione anodica.

Notiamo che per l'amplificazione di bassa frequenza abbiamo indicato il collegamento a trasformatore, oggi quasi sempre sostituito dal collegamento a resistenza e capacità che consente una maggior fedeltà di riproduzione.

APPARECCHIO SUPERETERODINA

Abbiamo sin qui osservato dei ricevitori di tipo semplice e completamente alimentati da batterie. Come è noto attualmente il sistema di alimentazione a batterie è pressochè completamente abbandonato soprattutto per la scomodità ed il costo elevato delle batterie.

Gli apparecchi moderni sono tutti alimentati direttamente dalla rete di illuminazione, salvo quei tipi speciali che devono funzionare in località sprovviste di rete.

L'alimentazione dalla rete di illuminazione è ormai un fatto perfettamente risolto, ma per giungere a ciò si son dovute superare non poche difficoltà, che riporteremo qui appunto per dar chiara spiegazione dei vari organi che costituiscono i moderni ricevitori e che son schematicamente rappresentati nel disegno riportato.

L'alimentazione delle valvole in qualsiasi ricevitore radiofonico, va effettuata con corrente perfettamente continua, non essendo altrimenti possibile avere ricezioni pure ed esenti da rumori di fondo. Alimentando i ricevitori con batterie tutto era semplice in quantochè esse forniscono appunto una corrente perfettamente continua. Quando si volle praticare l'alimentazione dalla rete di illuminazione si presentò il problema di trasformare la corrente alternata della rete in corrente perfettamente continua per l'alimentazione anodica delle valvole. Per l'alimentazione dei filamenti si è girata la questione creando valvole apposite. Tali sono le valvole a riscaldamento indiretto del catodo. Esse dispongono di un catodo, emettente gli elettroni, completamente indipendente dall'elemento riscaldatore che è percorso da corrente alternata. In tal modo l'emissione avviene regolarmente e non si risente delle variazioni dell'alternata. Per l'alimentazione anodica si utilizza un trasformatore elevatore-riduttore, che dispone di più

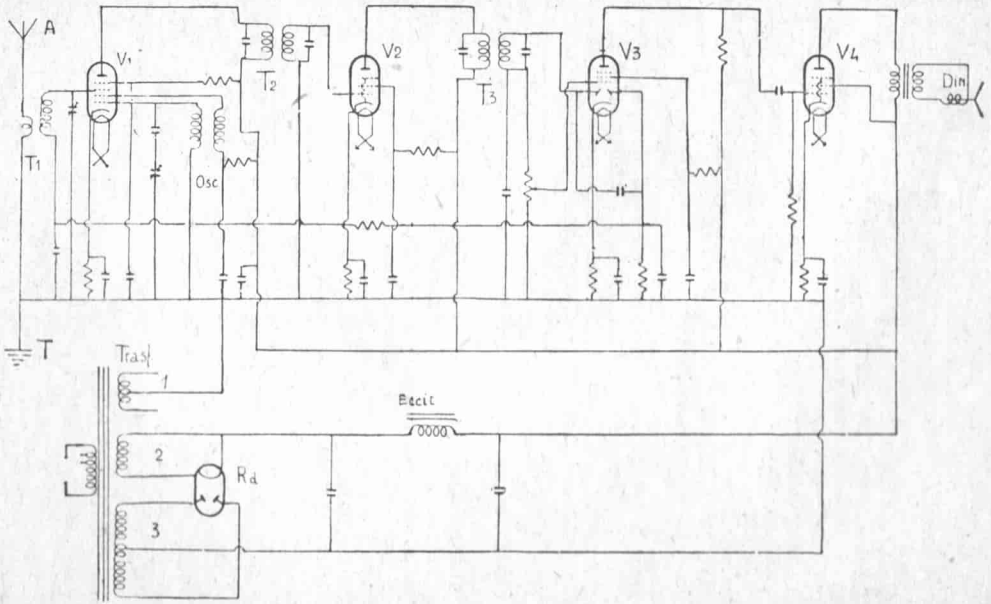
secondari. Salvo casi speciali i secondari sono tre. Di questi uno è previsto per l'accensione delle valvole riceventi. Esso dispone pertanto di una tensione di quattro volta se il ricevitore impiega valvole di tipo europeo od una tensione di 6,3 volta se il ricevitore impiega valvole di tipo americano. La corrente che deve fornire questo secondario è in relazione al numero di valvole impiegate nel ricevitore e si valuta generalmente ad un ampère per valvola trattandosi di tipi europei oppure tre decimi di ampère per valvola trattandosi di tipi americani.

Il secondo dei secondari è previsto per l'accensione della valvola raddrizzatrice di corrente. Anche se la tensione di accensione del filamento della valvola raddrizzatrice è uguale a quella delle valvole riceventi bisogna ricorrere a secondario separato dato che sul filamento della raddrizzatrice è presente la massima tensione anodica, mentre sulle riceventi è il valore opposto.

Il terzo dei secondari provvede all'alta tensione. Poichè per facilitare il filtraggio si usa rettificare entrambe le semionde componenti la corrente alternata, quest'ultimo secondario dispone di una tensione doppia di quella necessaria effettivamente ed inoltre di una presa intermedia che viene a rappresentare il negativo del sistema di alimentazione. Questo secondario dispone in generale di una tensione totale di sei-settecento volta e dà quindi una tensione utilizzabile di trecento-trecentocinquanta volta.

A seguito del trasformatore viene la valvola raddrizzatrice (un doppio diodo) che provvede al raddrizzamento della corrente. All'uscita di questa valvola la corrente non è ancora continua, bensì solamente pulsante unidirezionale e pertanto non ancora adatta ad alimentare le valvole riceventi. Subisce un'ulteriore modificazione da un circuito elettrico detto filtro, e rappresentato da una impedenza a nucleo di ferro e da due condensatori di forte capacità posti l'uno a monte, l'altro a valle della bobina di impedenza. Questo circuito rende perfettamente continua la corrente pulsante che viene introdotta e permette così di utilizzarla per l'alimentazione delle valvole.

Ora che abbiamo per sommi capi indicato il funzio-


A
V1
T2
V2
T3
V3
V4
Din
T1
Osc
T
Trasf
1
Eccit
2
Rd
3

namento di un alimentatore per correnti alternate di tipo moderno, passiamo ad esaminare un circuito di un ricevitore supereterodina completamente alimentato dalla rete e di tipo recente.

Lo schema rappresenta un circuito di un ricevitore a quattro valvole riceventi più una raddrizzatrice.

La prima valvola V_1 compie la funzione di convertitrice; la seconda di amplificatrice di media frequenza; la terza di rivelatrice e amplificatrice di bassa frequenza; la quarta di amplificatrice finale di bassa frequenza.

Esaminiamo allora il funzionamento singolo delle quattro valvole.

Abbiamo detto che la prima valvola ha funzioni di convertitrice. Siccome nell'apparecchio supereterodina si deve trasformare ogni frequenza in arrivo in una sola frequenza ben determinata, ecco la necessità di avere un organo che compia questa conversione. Come già è stato spiegato, per trasformare una frequenza in un'altra si fa interferire con l'oscillazione da trasformare una seconda oscillazione. Ne deriva una nuova oscillazione che ha per frequenza la somma o la differenza delle due. Nel caso in questione si ha una valvola mutipla (V_1) che dispone di una sezione funzionante da oscillatrice, e generante una oscillazione che si fa interferire colla oscillazione in arrivo. La mescolazione delle due oscillazioni avviene nell'interno della valvola e precisamente nella seconda sezione. Si ottiene così sul circuito anodico di questa valvola una oscillazione risultante, che ha frequenza corrispondente alla somma e alla differenza delle due oscillazioni interferenti. Poichè i valori dei vari circuiti sono opportunamente calcolati questa frequenza risultante ha pure un valore ben determinato.

Questa complessa operazione vien dunque effettuata dalla prima valvola del ricevitore o valvola convertitrice. Lo scopo di questa complessa operazione è da ricercarsi innanzi tutto nel fatto che permette di ottenere facilmente una notevole selettività non altrimenti possibile, inoltre nel fatto che la frequenza risultante (sempre più bassa di quella in arrivo) può essere più facilmente amplificata. In apparecchi a più di cinque valvole la valvola convertitrice può esser preceduta da una o più valvole amplificatrici dirette di alta frequenza.

A seguito della valvola convertitrice viene una valvola amplificatrice di media frequenza (V_2). Essa amplifica la frequenza risultante dalla conversione senza modificarla altrimenti. Il passaggio di questa frequenza avviene attraverso un trasformatore di media frequenza, costituito da due circuiti accordati ed accoppiati. Sempre a mezzo di un trasformatore a circuiti accordati (Tr_2) la frequenza intermedia (così è chiamata la frequenza risultante dalla conversione) viene applicata alla valvola V_3 per la rivelazione. Quesa valvola nei moderni apparecchi è rappresentata da una valvola doppia costituita da un doppio diodo e da un pentodo. Il doppio diodo funziona come rivelatore e generatore delle tensioni variabili per il controllo automatico di sensibilità, mentre il pentodo vien fatto funzionare come amplificatore di bassa frequenza. La media frequenza vien dunque applicata al diodo che la rivela, trasformandola in corrente a bassa frequenza udibile. Contemporaneamente il diodo produce una tensione (variabile a seconda dell'ampiezza del segnale in arrivo) che vien sfruttata per il controllo automatico di sensibilità. Infatti la griglia controllo della prima valvola è connessa al circuito di questo diodo e pertanto viene ad assumere una polarizzazione più o meno negativa a seconda dell'intensità del segnale. Ciò provoca una variazione di amplificazione, talchè ne deriva che per segnali in arrivo di notevole intensità si viene a polarizzare fortemente la griglia della prima valvola, riducendo l'amplificazione. Al contrario con segnali deboli in arrivo la polarizzazione è inferiore così da permettere un'amplificazione maggiore.

Il controllo automatico di sensibilità segnato sullo schema solo per la valvola convertitrice, può essere applicato anche alla valvola amplificatrice di media frequenza ed alle valvole amplificatrici di alta frequenza, quando siano presenti.

Le oscillazioni rettificate dal diodo della valvola rivelatrice vengono in seguito amplificate prima di esser trasformate in onde sonore dall'altoparlante. Dal diodo passano nel pentodo compreso nella stessa valvola. Questo pentodo funziona da preamplificatore di bassa frequenza. Da esso le oscillazioni vengono introdotte — attraverso un sistema di accoppiamento a resistenza e

capacità — nella valvola finale che è pur essa del tipo pentodo. La valvola finale oltre ad una amplificazione di tensione delle oscillazioni, cioè oltre ad aumentar loro la tensione, controlla una notevole potenza, così da poter agevolmente azionare l'altoparlante ad essa connesso.

L'altoparlante sfruttato in questi moderni ricevitori è del tipo elettrodinamico, atto alle migliori riproduzioni. Tale altoparlante possiede un elettromagnete che deve essere eccitato da un'opportuna sorgente di energia a corrente continua. In genere si sfrutta la stessa bobina di campo dell'altoparlante, come impedenza nel circuito filtro dell'alimentatore anodico, talchè si ottiene ad un tempo l'eccitazione dell'altoparlante determinata dalla corrente che alimenta le valvole riceventi, e l'eliminazione dell'impedenza del filtro che viene appunto sostituita da tale bobina.

Nei ricevitori a vari campi d'onda (onde lunghe, medie, corte, cortissime) non si presentano differenze nel circuito elettrico. Essi dispongono di tante serie di induttanze (L_1, L_2, L_3, L_4) quanti sono i campi d'onda e di un commutatore multiplo che inserisce a volontà l'una serie o l'altra.

Così anche i ricevitori a più valvole funzionano su un principio analogo a quello espresso per questo ricevitore tipo. Vuol dire che in essi si troverà presente uno o più stadi di alta frequenza, due o più stadi di media frequenza, più valvole amplificatrici di bassa, ecc.

INDICE

I. La teoria elettronica . . . . . *Pag.* 5
Atomi ed elettroni . . . . . » ivi
Corrente elettrica . . . . . » 9
Corrente alternata - Frequenza . . . . . » 11
Etere . . . . . » ivi
II. La valvola termoionica . . . . . » 12
Diodo . . . . . » 16
Triodo . . . . . » 18
Intensità di corrente . . . . . » ivi
Tensione . . . . . » 19
III. Elementi dei circuiti . . . . . » 22
Condensatori . . . . . » 23
Conduttori e isolanti . . . . . » 24
Resistenze . . . . . » ivi
Capacità . . . . . » 26
L'induzione . . . . . » 29
Autoinduzione . . . . . » 32
IV. Il circuito oscillante . . . . . » 34
Circuito eterodina . . . . . » 36
Lunghezza d'onda, frequenza e velocità di propagazione delle radio-onde . . . . . » 43
Induttanze variabili . . . . . » 46
Il variometro . . . . . » 50
V. La trasmissione e la ricezione radiofonica . . . . . » 52
Trasmissione . . . . . » ivi
Modulazione . . . . . » 55
La risonanza . . . . . » 56
Ricezione . . . . . » 67
Rivelazione . . . . . » 70
Il triodo rivelatore . . . . . » 75
La reazione . . . . . » 78
L'interferenza . . . . . » 80

Amplificazione . . . . . *Pag.* 81
Gli amplificatori . . . . . » 88
Variazione di frequenza (Supereterodina) . . . » 98
VI. Alcune parti costitutive dei moderni apparecchi riceventi . . . . . » 101
Alimentatori . . . . . » 102
Trasformatori . . . . . » ivi
Raddrizzatori . . . . . » ivi
Filtri elettrici . . . . . » 103
Condensatori . . . . . » 104
Condensatori variabili di accordo . . . . . » ivi
Bobine di induttanza ad alta frequenza . . . . » ivi
Condensatori fissi e semifissi . . . . . » 105
Resistenze fisse e variabili . . . . . » ivi
Altoparlante . . . . . » ivi
Valvole . . . . . » 106
Tetrodi . . . . . » 107
Pentodi . . . . . » ivi
Valvole a riscaldamento indiretto del catodo . . » 108
Valvole a griglia schermo . . . . . » ivi
Valvole a griglia-schermo multi-mu . . . . . » 109
Pentodi d'alta frequenza . . . . . » ivi
Il doppio diodo triodo . . . . . » ivi
Schermaggio . . . . . » 110
Appendice . . . . . » 111

TELEVISIONE

G. G. CACCIA

304 illustrazioni

300 pagine

Manuale completo e veramente utile al profano e al tecnico, per la perfetta conoscenza della radiovisione e per la realizzazione pratica dei televisori.

Prezzo Lire **10**

Inviare l'importo alla CASA EDITRICE SONZOGNO MILANO - Via Pasquirolo, 14

BIBLIOTECA DEL POPOLO

a Cent. **80** il volume - Volume doppio L. **1.60**

ULTIMI VOLUMI PUBBLICATI:

493. Il commercio nell'antichità.
494. Manualetto d'ippica.
495. La Divina Commedia esposta al popolo: Inferno.
496. Le proiezioni ortogonali.
497-498. La locomotiva a vapore moderna.
499. La Divina Commedia esposta al popolo: Il Purgatorio.
500. I secoli della letteratura italiana: Il Seicento.
501. La Divina Commedia esposta al popolo: Il Paradiso.
502. La storia e la teoria dell'antica musica greca.
503. L'« Odissea » narrata al popolo. - Parte I.
504. Apparecchi facili a costruirsi: 1.° L'Elettricità.
505. L'« Odissea » narrata al popolo. - Parte II.
506. L'« Eneide » esposta al popolo. - Parte I.
507. L'« Eneide » esposta al popolo. - Parte II.
509. La Gerusalemme liberata esposta al popolo. - Parte I.
511. La Gerusalemme liberata esposta al popolo. - Parte II.
512. Formulario di chimica organica. - Parte II.
513. Storia e antologia della letteratura turca.
514. L'« Iliade » esposta al popolo. - Parte I.
515. L'arabo parlato.
516. L'« Iliade » esposta al popolo. - Parte II.
517. Manuale di chimica analitica [qualitativa.
518. Storia e Antologia della letteratura araba.
519. Vade-mecum del saggiatore dei metalli.
520. Eccezioni fonetiche della lingua francese.
521. I secoli della letteratura italiana: Il Seicento.
522. Teoria del regolo calcolatore e sue applicazioni.
523. I secoli della letteratura italiana: L'Ottocento.
524. Vade-mecum dell'italiano in
525. Topografia pratica. [Giappone.
526. Storia degli Stati Uniti.
527. Rimario della lingua italiana
528. Idem. - Vol. II. [- Vol. I.
530. La luce elettrica.
533. La Stenografia. - Vol. I.
534. Idem. - Volume II.
535. Idem. - Volume III.
536. Geometria analitica del piano e sue applicazioni.
537. Dizionarietto dantesco.
538. Trigonometria sferica e sue applicazioni.
539. Storia del Risorgim. italiano.
540. I secoli della letteratura italiana: Le origini. [macchine.
541. Elementi di costruzione delle
542. L'Operaio meccanico.
543. Formulario compl. di Computisteria e Ragioneria. - Volume I.
544. Formulario compl. di Computisteria e Ragioneria - Volume II.
545. I fenomeni dell'ipnotismo e della suggestione.
546. Riccardo Wagner.
547. Prontuario delle forme del verbo latino.
549. La costruzione geometrica del-
550. Statica grafica. [le ombre.
551. Prontuario delle forme del verbo tedesco.
552. Monete d'oro e d'argento legali e false.
553. Prontuario delle forme del verbo francese.

Inviare l'importo alla Casa Editrice Sonzogno. - Via Pasquirolo N. 14, Milano

554. Pile per usi domestici. [stici.
555. Accumulatori per usi dome
556. Lo Stato nella sociologia spen ceriana.
557. Curiosità e sofismi matematici
558. La luce elettrica domestica.
559. Storia parlamentare della III Repubblica di Francia.
560. Disinfezione e disinfettanti.
561. Come coniug. i verbi inglesi.
562. Storia del popolo arabo.
563. L'aritmetica per gli adulti
564. Id., id. - Parte II. [Parte I.
565. Id., id. - Parte III.
566. I fondamenti della geometria di posizione.
567. Beethoven, la sua vita e le sue opere.
568. La lotta greco-romana.
569. La Cinematografia.
570. Canottaggio e nuoto.
571. Nozioni di idraulica.
572. Foot-ball.
573. Compendio di letteratura indiana.
574. Francesco Giuseppe e la storia di Casa d'Absburgo.
575. Applicazioni algebriche alla geometria piana e solida.
578. Trento e Trieste.
579. I terremoti e la simologia.
580-581. Come si diventa telegrafisti e radiotelegrafisti.
582. Storia del Messico.
583. La Marina Militare Italiana
584. Storia del Belgio. [nel 1915.
585. Leggi, usi e convenzioni della guerra moderna.
586. Storia di Spagna.
587. L'Esercito Italiano.
588-589. Iniziamento alla teoria dei numeri.
590. Geometria non euclidea.
591. Il Dispotismo.
592-593. Tesi di calcolo letterale.
594. Allevamento del coniglio e degli animali da cortile.
595. Storia dell'Albania fino al 1910.
596. Le caldaie a vapore marine.
597-598. Il mare Adriatico. [sta.
601. La motocicletta e il motocicli-
602. Elem. di telegrafia senza fili.
603. Dizionarietto Geografico Eti-
604. L'automobile. [mologico.
605. L'Orlando furioso esposto al popolo. - Parte I.
606. Idem. - Parte II.
607. Idem. - Parte III.
608. Idem. - Parte IV.
609. Idem. - Parte V.
610-611. La storia delle razze caval-
612-613. Idee di Cosmogonia. [line.
614. La sifilide.
615. La blenorragia.
616. La Casa di Savoia. [logia.
617. Frammenti di storia dell'astro-
618-619. La pesca meccanica.
620. Le malattie professionali.
621. Istruzione orale dei sordomuti.
622-623. Lo sviluppo storico delle forme animali. [derna cura.
624. La tisi polmonare e la sua mo-
625. G. B. Molière e le sue opere.
626. L'essiccazione delle patate e di altri generi commestibili.
627. Il gergo nella società, nella storia, nella letteratura.
628. Camillo Benso di Cavour.
629. Conferenze popolari sulla tubercolosi.
630. Storia della scrittura.
631. Il Benzolo, il Toluolo e gli esplosivi derivanti.
632-633. Fari e segnali marittimi.
634. Carlo Goldoni. [materiali.
635. Nozioni sulla resistenza dei
636. Dizionario degli Autori italiani, latini, greci.
637. Sezioni coniche.
638-639. L'industria del freddo.
640-641. Nozioni e curiosità araldiche (con illustrazioni).
642. La fabbricazione dell'acciaio al forno Martin.
643-644. Prontuario dantesco.
645-646. Calcolo infinitesimale. - Parte I, Calcolo differenziale
647. Calcolo infinitesimale. - Parte II, Calcolo integrale.

BIBL... 554. Pile... 555...

648. Elementi di costruzione in cemento armato.
649. La patria dell'uomo.
659. Compendio di letteratura italiana.
651. I motori d'aviazione.
652. Malattie e rimedi.
653. Formulario per il tornitore meccanico.
654. Esercizi sulla resistenza dei materiali.
655. Federico Mistral e «Mirella».
656. Galileo Galilei.
657. Sunti di didattica.
658. Gli ingranaggi.
659-660. I Promessi Sposi esposti al popolo.
661. Misure elettriche pratiche.
662. I motori a scoppio nell'agricoltura.
663. I contatori elettr. a induzione.
664-665. Costruzioni navali in ferro.
666-667. Piccolo vocabolario commerciale.
668. Breve corso di geografia economica. — Vol. I. — Nozioni generali.
669. Id. - Vol. II. - Dell'Italia.
670. Id. Vol. III - L'Europa.
671. Id. Vol. ...
672 Breve co... nomica. - Vo...
673. Id. Vol. VI ...
674. Corso Eleme... Vol. I.
675. Id. - Vol. II.
676. Id. - Vol. III.
677. Id. - Vol. IV.
678. Id. - Vol. V.
679-680. Geometria Elementare Vol. I.
681-682. Id. - Vol. II
683-684. Id. - Vol. III.
685. La tenuta dei libri in scrittura semplice e doppia. - Vol. I.
686. Id. - Vol. II.
687. Antologia della vita moderna - Vol. I - Vita commerciale.
688. Id. - Vol. II - Vita industriale.
689. Id. - Vol. III - Vita economica.
690. Id. - Vol. IV - Vita sociale.
691-692. Codice Civile - Libro I - Relazione Ministeriale.
593-694. Codice Civile - Libro I - Delle Persone.

VOLUMI RINNOVATI O SOSTITUITI:

37. Il Poker.
73-74. Tesi di storia della musica.
75. Storia della Russia.
112. Emanuele Filiberto.
155. Sant'Antonio di Padova.
159. Umberto Biancamano.
170. San Carlo Borromeo.
213-214. Benito Mussolini.
226. La Carta del lavoro.
229-230. Sant'Ambrogio.
260. Diritto Corporativo Sindacale.
264. Televisione.
276. Cultura militare.
300. Compendio di pedagogia.
302. La meccanica ondulatoria.
318-319. Pio XI.
329. La nuova chimica.
341. I principii del disegno architettonico.
348. Storia degli Ebrei.
350-351. Repertorio di parole difficili.
358. Guglielmo Marconi.
361. Navi mercantili e da guerra.
363-364. Le grandi religioni della terra.
366. Il petrolio.
371. Canti del soldato.
75. Riassunto della storia della terra.
377. La circolazione Automobilistica. (Codice della strada).

Inviare l'importo alla Casa Editrice Sonzogno. - Via Pasquirolo N. 14, Milano.

GRATIS La CASA EDITRICE SONZOGNO, Milano, Via Pasquirolo 14, spedisce, a richiesta, il Catalogo Generale delle sue pubblicazioni.